



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**Especialidad en Floricultura**

“Evaluación de diferentes sustratos para reducir el uso de tierra de monte en la producción de Cempaxúchitl (*Tagetes erecta* L.) en macetería”

**Trabajo Terminal**

**P R E S E N T A**

**Ana Lilia Peñaloza García**

**(GENERACIÓN 22)**

**N° de Cuenta: 0413393**

**ASESOR:**

**Dr. Jesús Ricardo Sánchez Pale**



**CAMPUS UNIVERSITARIO “EL CERRILLO”, EL CERRILLO PIEDRAS  
BLANCAS, MUNICIPIO DE TOLUCA, MÉX.  
ENERO DE 2023.**

## Contenido

Índice de cuadros.....	III
Índice de figuras.....	IV
I. INTRODUCCIÓN .....	7
II. HIPÓTESIS .....	10
III. OBJETIVOS .....	11
III.1 Objetivo general .....	11
III.1.1 Objetivos específicos.....	11
IV. JUSTIFICACIÓN .....	12
V. REVISIÓN DE LITERATURA .....	13
V.1 Producción de Cempaxúchitl ( <i>Tagetes erecta</i> L.).....	13
V.1.1 Origen y distribución.....	14
V.1.2 Descripción morfológica .....	14
V.1.3 Taxonomía .....	15
V.1.4 Producción a nivel nacional.....	16
V.2 Sustratos .....	16
V.2.1 Propiedades químicas y físicas de los sustratos.....	16
V.2.2 Tipos de sustratos .....	20
V.2.3 Lodos residuales.....	22
V.2.4 Vermicomposta.....	23
VI. MATERIALES Y MÉTODOS .....	24
VI.1 Ubicación del experimento .....	24
VI.2 Obtención del material vegetal .....	24
VI.3 Obtención de sustratos.....	24
V1.3.1 Caracterización de las propiedades químicas y físicas .....	25
VI.4 Establecimiento del experimento.....	26
V1.5 Diseño experimental .....	27
VI.6 Variables de estudio .....	28
VI.6.1 Altura de planta.....	28
VI.6.2 Diámetro de tallo.....	28
VI.6.3 Días a floración.....	28
VI.6.4 Diámetro de la flor .....	28
VI.6.5 Número de flores .....	28
VI.6.6 Mortandad.....	28

VII. RESULTADOS Y DISCUSION.....	29
Análisis físico –químicos de los sustratos .....	42
VIII. CONCLUSIÓN .....	51
1.- El sustrato que originó el mayor desarrollo de altura de planta y diámetro de tallo, en cempaxúchitl fue con las mezclas a base de Lodo Residual.....	51
2.- Las mezclas de lodo residual a 12.5, 25, 50 y 75% expresaron las mejores cualidades en el cultivo de Cempaxúchitl ( <i>Tagetes erecta</i> L.) en macetería. ....	51
3.-El sustrato a base de vermicomposta es poco viable para el desarrollo de cempaxúchitl en maceta. ....	51
IX. BIBLIOGRAFÍA .....	52
ANEXOS.....	59

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Tratamientos utilizados como sustrato orgánico en diferentes porcentajes de mezclas. ....	26
Cuadro 2. Comparación de medias para la variable altura de planta por cada fecha de muestreo usando lodo residual como sustrato en cempaxúchitl.....	29
Cuadro 3. Comparación de medias para la variable altura de planta por cada fecha de muestreo usando vermicomposta como sustrato en cempaxúchitl (continuación) ...	31
Cuadro 4. Comparación de medias para la variable diámetro del tallo por cada fecha de muestreo en las diferentes mezclas de lodo residual.....	32
Cuadro 5. Comparación de medias para la variable diámetro del tallo por cada fecha de muestreo en las diferentes mezclas de vermicomposta.....	33
Cuadro 6. Comparación de medias para la variable diámetro de la flor a los 71 días después del trasplante para las diferentes mezclas de lodo residual.....	35
Cuadro 7. Comparación de medias para la variable diámetro de la flor a los 71 días después del trasplante para las diferentes mezclas de vermicomposta.....	35
Cuadro 8. Comparación de medias para la variable diámetro de la flor a los 71 días después del trasplante para las diferentes mezclas de lodo residual.....	37
Cuadro 9. Comparación de medias para la variable diámetro de la flor a los 71 días después del trasplante para las diferentes mezclas de vermicomposta.....	37
Cuadro 10. Propiedades químicas de los sustratos orgánicos evaluados. ....	43
Cuadro 11. Propiedades físicas de los sustratos orgánicos evaluados.....	44
Cuadro 12. Elementos nutricionales presentes de los sustratos orgánicos evaluados. ....	45
Cuadro 13. Análisis de varianza obtenidos de la variable altura de la planta obtenida por cada fecha de muestreo en los diferentes tratamientos evaluados.....	48
Cuadro 14. Valores promedios de la altura de la planta en las mezclas de los sustratos para reducir la tierra de monte en la producción de cempaxuchil ( <i>T. erecta</i> L.) .....	48
Cuadro 15. Separación de medias y valores promedio de la altura de la planta en las mezclas de los sustratos para reducir la tierra de monte en la producción de cempaxuchil ( <i>T. erecta</i> L.) en macetería.....	49
Cuadro 16. Análisis de varianza obtenidos de la variable diámetro del tallo obtenida por cada fecha de muestreo en los diferentes tratamientos evaluados.....	49
Cuadro 17. Valores promedios del diámetro del tallo de la planta (cm) en las mezclas de los sustratos para reducir la tierra de monte en la producción de cempaxuchil ( <i>T. erecta</i> L.) en macetería.....	50
Cuadro 18. Cuadro Separación de medias y valores promedio del diámetro del tallo en las mezclas de los sustratos para reducir la tierra de monte en la producción de cempaxuchil ( <i>T. erecta</i> L.) en macetería.....	50

## Índice de figuras

Figura 1. Altura de planta en con mezclas de Lodo Residual al 100%, 75%, 50%, 25%, 12.5% y testigo tradicional T0 .....	30
Figura 2. Altura de planta en con mezclas de Vermicomposta al 100%, 75%, 50%, 25%, 12.5% y testigo tradicional T0 .....	31
Figura 3. Diámetro de tallo en mezclas de Lodo Residual al 100%, 75%, 50%, 25%, 12.5% y testigo tradicional T0 .....	33
Figura 4. Diámetro de tallo en mezclas de Vermicomposta al 100%, 75%, 50%, 25%, 12.5% y testigo tradicional T0 .....	34
<b>Figura 5.</b> Diámetro de la flor a los 71 días después del trasplante para los diferentes sustratos evaluados .....	36
<b>Figura 6.</b> Número de capítulos cabezuela por cada unidad experimental .....	38
<b>Figura 7.</b> Días a floración de plantas de <i>T. erecta</i> en los diferentes sustratos evaluados .....	40
<b>Figura 8.</b> Mortandad de plantas de <i>T. erecta</i> en los diferentes sustratos evaluados	41

## Resumen

La actividad ornamental se ha convertido en un sector destacable en la economía y desarrollo rural de México. La calidad de las flores producidas en maceta, depende en gran parte de las características físicas y químicas del sustrato utilizado para cada cultivo. Un sustrato es el material sólido natural, de síntesis o residual, orgánico o mineral, puro o mezclado que en un contenedor permite el anclaje del sistema radical, da soporte a la planta e interviene o no en su nutrición. En las zonas productoras de flores en maceta del estado de México se utilizan sustrato que conlleva el uso de tierra de monte, originando una extracción irracional que provoca erosión y pérdida de la productividad del suelo en áreas donde se ubican terrenos forestales. Es urgente generar alternativas que sustituyan esta práctica. Ante este escenario, el presente trabajo tubo por objetivo evaluar diferentes dosis de dos sustratos orgánicos para reducir el uso de tierra de monte en la producción de Cempaxúchitl (*Tagetes erecta* L.) en contenedor. Se evaluó lodo residual y vermicomposta en proporciones de 12.5, 25, 50, 75 y 100% mezclado con sustrato inorgánico (tepojal y suelo), cada proporción correspondió a los tratamientos, y en cada uno se dispuso de 25 repeticiones, se dispuso de un testigo comercial que incluyó tierra de monte. Las variables evaluadas fue tamaño de planta, diámetro de tallo, días a floración, diámetro de flor, número de flores por maceta y mortandad. Los datos obtenidos se analizaron bajo un diseño de parcelas divididas para conocer el efecto del tipo de sustrato en el desarrollo de la planta y para conocer el efecto individual de cada mezcla por tipo de sustrato, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) bajo un diseño de bloques completos al azar. Los resultados indicaron que

lodo residual fue el mejor sustrato orgánico para producir cempasuchitl en macetaria, y es viable de sustituir la tierra de monte. La vermicomposta es poco viable de ser utilizada como reemplazo de la tierra de monte, aunque hay que evaluar posibles mezclas menores de 12.5%. La dosis de 100% de vermicomposta y lodo residual originaron mortandad de planta. La proporción de mezcla a 12.5% de lodo residual más los componentes inorgánicos (87.5 %) originaron la mayor altura de planta, mayor grosor de tallo y una mayor cantidad de flores, respecto al resto de las mezclas evaluadas y al testigo regional.

**Palabras clave:** Lodo residual, vermicomposta, flor de muerto en macetaria, mezcla de sustrato.

## I. INTRODUCCIÓN

La actividad ornamental es un sector importante en la economía de México. La calidad de las flores en contenedor depende en parte de las características físicas y químicas del sustrato usado para cada cultivo (Cabrera, 1999). Un sustrato es el material sólido natural, de síntesis o residual, orgánico o mineral, puro o mezclado que en un contenedor permite el anclaje del sistema radical, da soporte a la planta e interviene o no en su nutrición. Los sustratos son inertes, si proporcionan soporte a la planta y activos si proporcionan nutrientes a la planta (Pastor, 2000)

Los sustratos que se utilizan en la producción de flores en contenedores (también conocidos como macetas o recipientes), se importan de otros países, por lo que los costos de inversión son altos, y en ocasiones llegan a no estar disponibles (Abad *et al.*, 2004)

En América Latina los sustratos convencionales utilizados para floricultura y plantas ornamentales se basan principalmente en las características de las plantas y menos en la calidad de los sustratos (Valenzuela y Gallardo, 2006).

Una planta que se desarrolla en el campo, comparada con otra que se desarrolla en una macetao contenedor, es más susceptible generalmente a las inclemencias del ambiente (Bowen y Paul, 1983) sin embargo, los cultivos que crecen en contenedores tienen alta probabilidad de ~~seca~~ <sup>seca</sup> debido a la pérdida acelerada de humedad, demandan mucha agua y presentan altas tasas de transpiración. Por lo anterior es importante determinar las características físicas, biológicas y químicas de los diferentes sustratos así como determinar si son adecuados utilizarlos solos o



mezclados (Valenzuela *et al.*, 2014).

La demanda de sustrato para la producción de plantas de ornato en México es de 500 000 m<sup>3</sup>, para lo cual se usa tierra de monte como sustrato principal (García *et al.*, 2001). La brutal extracción de este recurso causa altos costos de movilización física, erosión y pérdida de la productividad del suelo en áreas donde se ubican terrenos forestales (Acosta *et al.*, 2008). Los altos costos de los sustratos, el deterioro de los ecosistemas y la sobreexplotación de los recursos naturales impulsan la investigación constante de sustratos alternativos, que cumplan con las funciones de sostén y de nutrición, y que sean materiales disponibles, económicos y no dañen el ambiente.

Sin embargo, en México existen materiales alternativos con propiedades físicas y químicas que pueden sustituir a la tierra de monte. Larson (1980) recomienda que para suelos muy arcillosos: se debe mezclar una parte de ese suelo, una parte de materia orgánica y una parte de material inerte; en suelos limosos se sugiere: dos partes de suelo, una parte de materia orgánica y una parte de material inerte, y en suelos arenosos una parte de suelo y una parte de materia orgánica.

Según Vázquez *et al.*, (2002) los materiales orgánicos utilizados como sustrato en el territorio nacional son pajas, tierra negra, hoja de encino (tierra de monte) hoja de pino (ocochal), corteza de árbol, gabazo de caña, estiércol, cascarilla de arroz, cascarilla de cacahuate, fibra de coco, musgo.

Los beneficios de los residuos orgánicos que son utilizados como sustratos para producir plantas de ornato son diversos, como presencia de nutrimentos de absorción fácil por la planta, reguladores de crecimiento vegetal, la absorción de nutrimentos que se facilita por medio de los microorganismos, y son medio para el

crecimiento de organismos controladores de patógenos para las plantas (Ayala y Valdez, 2008)

Otro de los residuos orgánicos son los lodos residuales generados en las plantas tratadoras endonde su finalidad es remover los contaminantes del agua con la finalidad de reutilizarla como un subproducto conocido como lodo residual que acumula materia orgánica, sin embargo estos son confinados (Holguin-Calderón *et al.*, 2014) Una alternativa para su aprovechamiento es el uso de ellos a través de un lodo deshidratado, ya que se ha identificado que posee propiedades físicas, químicas y biológicas, además que aumenta la masa biomicrobiana del suelo y mejora el crecimiento y desarrollo de las plantas (Rodríguez *et al.*, 2018)

## II. HIPÓTESIS

- Los diferentes materiales utilizados como sustrato en el presente experimento, proporcionan a la planta de cempaxúchitl (*Tagetes erecta*) un mejor y óptimo desarrollo vegetativo en comparación con la mezcla tradicional.

## III. OBJETIVOS

### III.1 Objetivo general

- Evaluar diferentes sustratos para reducir el uso de tierra de monte en la producción de Cempaxúchitl (*Tagetes erecta* L.) en contenedor

#### III.1.1 Objetivos específicos

- Determinar el porcentaje de vermicomposta y lodos residuales que favorezcan al desarrollo de las plantas de *T. erecta*, para satisfacer las características que demanda el consumidor final.
- Evaluar las características físicas y químicas de los sustratos orgánicos
- Evaluar el desarrollo de las plantas de cempaxúchitl en la etapa vegetativa y reproductiva

## IV. JUSTIFICACIÓN

La extracción irracional de la tierra de monte que es utilizada como sustrato principal para la producción de plantas ornamentales, causa erosión y pérdida de la productividad del suelo en áreas donde se ubican terrenos forestales

El impacto ambiental, los altos costos de producción y la disponibilidad de los materiales usados para la producción de plantas en contenedores, destaca la importancia de utilizar materiales de origen animal y vegetal autóctonos y con disponibilidad local.

Un sustrato con buenas características físicas y químicas es indispensable para el desarrollo de plantas de calidad. Dado que la capacidad de la maceta es limitada, el sustrato debe poseer características esenciales que, combinadas con un programa de manejo integral, permitan un crecimiento óptimo.

En macetería, se han usado diferentes mezclas de sustrato dependiendo de la especie ornamental que se establezca, pero no se ha explorado sobre el uso de una composición de diferentes mezclas, ni se ha explorado el uso de otro de sustrato orgánico con potencial de reemplazar la hoja de monte. Por ello se requiere de tener alternativas orgánicas al uso de tierra de monte, que permita un desarrollo adecuado de las diferentes especies ornamentales en macetería.

## V. REVISIÓN DE LITERATURA

### V.1 Producción de Cempaxúchitl (*Tagetes erecta* L.)

La producción de plantas ornamentales a nivel mundial cada año genera alrededor del 0.5% del producto bruto mundial (Botto y Mata, 2014); en México ha tomado relevancia desde tiempos prehispánicos, las plantas y flores siempre han tenido importancia en festividades religiosas o en la decoración de áreas con el propósito de crear sensaciones de paz y armonía; por lo que nuestro país tiene grandes oportunidades para el desarrollo del sector de producción de ornamentales de alta demanda (Tejeda *et al.*, 2015).

La producción de cempaxúchitl radica principalmente en el aspecto cultural y tradicional de México para las festividades de Día de Muertos y Todos los Santos. Actualmente algunas especies de género *Tagetes*, como el cempaxúchitl, son un importante recurso genético con un gran potencial en la industria alimentaria, avícola, farmacéutica y textil y horticultura ornamental además de su capacidad en áreas agrícolas, ya que es utilizado en maceraciones, infusiones y como aceite esencial para el control de bacterias, hongos y nematodos que afectan a otros cultivos (Vázquez y Vázquez, 2007).

La producción de cempaxúchitl se realiza de tres diferentes maneras: cultivo para cosecha de capitulo, cultivo para flor de corte y cultivo en maceta. El cultivo para flor de corte se establece en almacigo en el mes de junio para posteriormente realizar el trasplante en el mes de julio a los 25 o 30 días a partir de la germinación, cuando la plántula tiene una altura entre 12 a 15 centímetros. El establecimiento del cultivo se realiza a una distancia de 1.0 a 1.2 metros de distancia entre hileras. Este cultivo por

lo regular no requiere de riegos, ya que aprovecha las lluvias de verano para su desarrollo. El corte de flor suele darse en la última semana de octubre, de esta manera se logra una oportuna comercialización de cempaxúchitl como flor de corte para las festividades de muertos (Vázquez-García *et al.*, 2002).

Las variedades que son utilizadas para fines ornamentales deben de ser de porte bajo (25-38 cm) preferentemente con un diámetro de inflorescencia de 8-10 cm y poseer una ramificación que no sea abundante, lo que las hace idóneas para macetas o jardín para evitar que se caigan en por su estructura (Serrato-Cruz, 2003).

#### V.1.1 Origen y distribución

El género *Tagetes* L. cuenta con aproximadamente 50-55 especies distribuidas en toda la República Mexicana; por la diversidad del género es considerado posiblemente como el centro de origen (Villaseñor *et al.*, 2005). Los principales estados donde se distribuyen son Aguascalientes, Campeche, Chiapas, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán y Zacatecas (Villaseñor y Espinosa, 1998). Sin embargo, los principales países productores a nivel mundial son China, India y Perú (Serrato-Cruz *et al.*, 2008).

#### V.1.2 Descripción morfológica

El cempaxúchitl es una planta de días cortos, herbácea anual o perenne, algunas pueden ser arbustivas. La raíz es cilíndrica, pivotante, con un sistema poco profundo, ramificado fibroso. El tallo es estriado a veces acostillado, glabro o ligeramente pubescente, cilíndrico, ovalado y de herbáceo a ligeramente leñoso, con canales de

resina en la corteza, son aromáticos al estrujarse. Las hojas son opuestas en la parte baja, en la parte superior son alternas; de hasta 20 cm de largo, pinnadas, de 11 a 17 foliolos, lanceolados a linear-lanceolados, de hasta 5 cm de largo y 1.5 cm de ancho, agudos a acuminados, aserrados a subenteros, los inferiores de cada hoja frecuentemente setiformes (en forma de hilos), los superiores reducidos, a veces completamente setiformes; con glándulas redondas abundantes, donde se forman aceites esenciales. (Rzedowski y Rzedowski, 2005).

Las flores son hermafroditas están agrupadas en capítulo cabezuela o en inflorescencias solitarias, poseen pedúnculos de hasta 15 cm de largo, son liguladas de colores que van desde los amarillos hasta los rojos. Las cabezuelas sencillas, poseen de 150 a 250 flores en el disco, en las "dobles" muestra diferentes grados de transformación en lígulas, de 8 a 10 mm de largo. Los frutos y semillas son aquenios lineares de 7 a 10 mm de largo, glabros o hispídulos en los ángulos, filamentos de 1 o 2 escamas acuminadas de 6 a 12 mm de largo y 2 o 3 escamas romas de 3 a 6 mm de largo, más o menos unidas entre si (Mondragón *et al.*, 2009).

### V.1.3 Taxonomía

El Centro Nacional de Información Biotecnológica (NCBI, por sus siglas en inglés) localiza a *Tagetes erecta* L. con el número 13708, con la siguiente clasificación taxonómica (Schoch *et al.*, 2020).

Superreino: Eucariotas (eucariotas)

Reino: Viridiplantae (plantas verdes)

Filo: Estreptofita

Clase: Magnoliopsida (plantas con flores)



Orden: Asterales

Familia: Asteraceae (familia de las margaritas)

Género: *Tagetes* (caléndulas)

Especie: *Tagetes erecta* L. (caléndula africana)

#### V.1.4 Producción a nivel nacional

La demanda de plantas de cempaxúchitl en macetería y jardinería es cada vez mayor. La venta de cempaxúchitl en maceta, reporto en un incremento desde el año 2000. En 2018 se produjeron 600 mil plantas; en 2019, aumento a 900 mil. Para 2020 fueron un millón 200 mil, y para el año 2021 dos millones 800 mil plantas (Zamarrón, 2021).

#### V.2 Sustratos

El sustrato es un material sólido, natural de síntesis o residual, mineral u orgánico, que se utiliza en contenedores ya sea de forma pura o en mezcla, permite dar soporte a la planta ya que a su vez permite el anclaje del sistema radicular de la planta. El sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición mineral de la planta. (Serrano, 2004).

Medrano (1995) menciona que el sustrato es un medio que contempla tres fases: la fase sólida, la cual está constituida por las partículas del sustrato, la fase líquida, formada por el agua contenida y retenida por el sustrato la cual contiene nutrientes disueltos y la fase gaseosa, constituida por los espacios entre las partículas del sustrato que son ocupados por el aire.

##### V.2.1 Propiedades químicas y físicas de los sustratos

Es conveniente caracterizar los sustratos como materiales nuevos, antes de proponerlos como opción, con el objetivo de conocer sus propiedades físico-químicas

y biológicas, que determinan el tipo de contenedor, riego y fertilización del cultivo (Cadahia, 2005).

Diaz (2009) menciona que para caracterizar los sustratos es preciso concebir a los sustratos en contenedor como un sistema conformado por tres fases: fase sólida la cual asegura el anclaje al sistema radical y por lo tanto la estabilidad de la planta, fase líquida que asegura el suministro de agua y la interacción de los nutrientes a la planta y una fase gaseosa que asegura el intercambio de oxígeno y bióxido de carbono entre las raíces y el medio externo.

Las características físicas y químicas que proporcionan los sustratos orgánicos permiten el óptimo crecimiento de las plantas, tienen una relación directa con las materias primas con los que fueron elaborados originando una producción de calidad (Quesada y Mendez, 2005).

La materia orgánica (MO), la conductividad eléctrica (CE) y el pH son componentes del suelo que influyen en el suministro, disponibilidad, persistencia, movimiento y efecto de nutrientes o de algunos contaminantes, a su vez proporcionan características esenciales para obtener el potencial de crecimiento de las plantas (Havlin y Moebius-Clune 2012).

#### V.2.1.1 Relación C/N

Indica la tasa de nitrógeno disponible para las plantas; valores altos implican que la materia orgánica se descompone lentamente, ya que los microorganismos inmovilizan el nitrógeno, por lo que no puede ser utilizado por los vegetales; en cambio, valores entre 10 y 14 corresponden a una mineralización y ruptura de tejidos rápida, ya que la actividad microbiana se estimula, hay nutrientes suficientes para los microorganismos y para los vegetales (Ribeiro, 2012).

### V.2.1.2 Potencial de hidrogeno (PH)

El pH es una medida de la acidez o alcalinidad del medio. El pH del medio de cultivo controla las reacciones químicas que determinan si los nutrientes van a estar o no disponibles (solubles o insolubles) para su absorción. Barbara *et al.* (s.f.)

Baixauli y Aguilar (2002) mencionan que los sustratos orgánicos tienen una mayor capacidad de amortiguación que los materiales inorgánicos para mantener la estabilidad del potencial de hidrogeno, por lo general el nivel aconsejado de potencial de hidrogeno para un cultivo en sustrato se sitúa entre los valores de 5.5 y 6.8 ya que en este rango se encuentran disponible en una forma asimilable la mayor parte de los nutrimentos.

### V.2.1.3 Capacidad de intercambio catiónico

La CIC es la capacidad del sustrato para retener los cationes e intercambiarlos con la solución nutritiva, la capacidad de intercambio catiónico se expresa en miliequivalentes por unidad de peso o volumen, mEq/100g. o mEq/100cc. Su valor óptimo dependerá de la frecuencia de la fertirrigación; si es permanente el valor de CIC no tiene efecto; si es intermitente el valor debiera ser medio o alto (>20 meq 100 g<sup>-1</sup>) (Abad *et al.*, 2004).

Fernández (2010) comenta la capacidad de intercambio catiónico esta relaciona con el potencial de hidrogeno, entre más alto sea el potencial de hidrogeno aumenta la capacidad de intercambio catiónico, por lo tanto, esta relación depende del número de riegos, así como el volumen aplicado.

### V.2.1.4 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica se mide mediante la concentración de sales solubles

presentes en la solución del sustrato. La capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica, es medida a través de la CE, cuanto más fácil se mueve la corriente el valor será más alto, esto significa que a mayor CE, mayor es la concentración de sales. La salinidad afecta la fisiología y metabolismo de la planta, principalmente tres aspectos en el funcionamiento de la planta: Prevenir o reparar el daño o detoxificación, Control de la homeostasis iónica y osmótica y control de crecimiento, que debe reanudarse, pero con una tasa reducida (Zhu, 2001)

Un valor de CE baja evita problemas de fitotoxicidad en el cultivo y facilita el manejo de la fertilización del cultivo. Se recomienda que la CE de un sustrato sea baja, en lo posible menor a  $1\text{dS m}^{-1}$  (1+5 v/v). Por este motivo al formular un sustrato, se debe analizar la CE de los componentes para evaluar el porcentaje a utilizar en la mezcla sin elevar la CE final del sustrato formulado (Barbara *et al.*, s.f.).

#### *V.2.1.5 Densidad aparente*

Es la relación entre la masa seca o peso de las partículas y el volumen aparente que se ocupa se expresa en  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ . Describe la compactación del suelo, representando la relación entre sólidos y espacio poroso (Keller & Håkansson, 2010). Esta característica es transcendental para evaluar la resistencia del suelo a la elongación de las raíces. Abad y Noguera (2000) mencionan que la densidad aparente para el cultivo de plantas en contenedor en invernaderos es de  $0.15\text{ g cm}^{-3}$  y Quintero *et al.* (2011)  $0.50$  a  $0.75\text{ g cm}^{-3}$ .

De la densidad del sustrato depende la porosidad y esta característica afecta la velocidad de filtración del agua y retención de humedad, y es la característica física más significativa para cultivos ornamentales en contenedor (Mascarini *et al.*, 2012).

#### V.2.1.7 Porosidad

Es el porcentaje de volumen de un medio de cultivo que no se encuentra ocupado por una fase sólida. Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macroporos y microporos. Los macroporos no retienen el agua contra la fuerza de la gravedad, y por lo tanto son los responsables del drenaje y la aireación del suelo, constituyendo además, el principal espacio en el que se desarrollan las raíces. Los microporos son los que retienen agua, parte de la cual es disponible para las plantas. (Rucks et al, 2004).

#### V.2.2 Tipos de sustratos

Actualmente debido a que los suelos minerales pueden contener compuestos químicos (pesticidas, herbicidas) y altos niveles de sales, no se recomienda su uso como un componente de sustratos para macetas. Adicional a esto, otra problemática que enfrentan los suelos minerales es la falta de distribución uniforme de las partículas y por consecuencia la reducida porosidad (diámetro pequeño de poros), un drenaje pobre, propiedades químicas variables, portador de plagas, enfermedades y malezas (Cabrera, 1995). La mayor parte de los sustratos utilizados en la producción de plantas ornamentales consiste en una mezcla de compuestos orgánicos e inorgánicos. Algunos materiales inorgánicos que destacan son arena, vermiculita, perlita, piedra pómez y otros subproductos de origen mineral. Por otro lado, los componentes orgánicos más comunes son: turba (peat moss), productos de madera compostados (corteza, aserrín, virutas) composta de materia orgánica, vermicompostas, lodos de depuradora o también conocidos como lodos residuales, estiércol, paja, cascarilla de arroz y cacahuete etc.

Las características físicas de un sustrato no se pueden determinar solamente a partir de sus componentes por si solos; ya que la mezcla de dos o más componentes produce reacciones que hacen que las propiedades físicas de la mezcla final, no sean la media optima de las propiedades de los componentes (Cabrera, 1995). Por lo anterior es necesario determinar las propiedades de las mezclas resultantes que se utilizaran para el sustrato más adecuado. Una vez que estas se han determinado, los ajustes en las proporciones de los componentes de la mezcla pueden hacerse hasta encontrar los requisitos mínimos deseados.

#### V.2.2.1 Sustratos orgánicos

Según Alarcón (2006) los sustratos orgánicos proceden de materiales naturales que pueden ser derivados de la producción agrícola y/o sometidos a un proceso de descomposición. Por su parte Teres (2001) clasifica a los materiales orgánicos como a continuación se describen:

- 1.- De origen natural: Se caracterizan por el proceso de descomposición biológica.
- 2.- De síntesis: Son polímeros orgánicos no biodegradables.
- 3.- Subproductos y residuos de actividades productivas: son productos que son generados a través de un proceso de compostaje entre ellos se encuentran las compostas, lodos residuales, vermicompostas etc.

#### V.2.2.2 Sustratos inorgánicos

Teres (2001) caracteriza a los materiales inorgánicos de la siguiente manera

De origen natural: Son rocas de diferentes orígenes que no sufren proceso alguno previo a su uso o que mediante tratamientos físicos sencillos se modifican ligeramente a partículas pequeñas, por ejemplo arenas y gravas.

Transformados o tratados industrialmente: su origen es roca o minerales con procesos de manufacturación incorporados antes de su uso, de los cuales mediante tratamientos químicos o físicos modifican sus cualidades iniciales notablemente, por ejemplo lana de roca y perlitas.

### V.2.3 Lodos residuales

Son el producto de la colecta de los sólidos contenidos en el efluente proveniente de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) o de la creación de nuevos sólidos suspendidos resultantes de los sólidos disueltos. (Cartwright, 2009) Estos subproductos líquidos, sólidos o semisólidos generados durante los procesos químicos, mecánicos y biológicos de purificación, contienen gran cantidad de materia orgánica. Microorganismos, macro y micronutrientes, metales pesados y agua (Marimbo y Ortega, 2003).

#### V.2.3.2 Usos en la agricultura

A nivel mundial se han desarrollado estrategias que permiten el uso de los lodos residuales, una de ellas es la incorporación a suelos agrícolas. Esta acción permite darle un valor agregado a este residuo bajo ciertas condiciones de manejo y representa una oportunidad para aprovecharse como fertilizante y/o acondicionador de suelo (Colli, 2000), una particularidad de los lodos residuales es que mejoran las características químicas y físicas del suelo, por contener una buena cantidad de

materia orgánica, fósforo, nitrógeno y micronutrientes esenciales en la nutrición vegetal que ayudan a incrementar el rendimiento de los cultivos (Williamson *et al.*, 2000).

Los lodos residuales se aplican al suelo de dos maneras diferentes: líquido o deshidratado. La forma líquida posee altos contenidos de nitrógeno disponible en un 60 por ciento en el primer año, con buenos resultados en el rendimiento de los cultivos, y el 40 por ciento restante se libera lentamente durante dos o tres años. La forma deshidratada se descompone más lentamente, primeramente, se libera el nitrógeno en un 20 por ciento en el primer año y el restante en los cinco años posteriores (Binham *et al.*, 1996).

#### V.2.4 Vermicomposta

La vermicomposta o humus de lombriz es un proceso donde la materia orgánica sufre biooxidación, degradación y estabilización. (Moreno *et al.*, 2014) Mientras que las lombrices intervienen mediante la fragmentación del sustrato, la población microbiana, genera un alto contenido de mineral, enzimas y hormonas Gómez-Brandón *et al.* (2011).

##### V.2.4.1 Usos en la agricultura

La vermicomposta es un producto orgánico de alto valor agrícola (Moreno *et al.*, 2014). Se ha utilizado para aprovechar el estiércol de animales para generar fertilizantes orgánicos, mejorar los suelos y estimular la producción de los cultivos Carvajal y Mera, (2010).



## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

### VI.1 Ubicación del experimento

El trabajo experimental se realizó en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), que se localiza en El Campus Universitario El Cerrillo, ubicada a una latitud Norte de 19° 24' .598" y 99° 44' .418" de Longitud Oeste y con altitud de 2,606 msnm. El clima predominante en la región es de C(W2 )(W) B(I), que corresponde al tipo templado subhúmedo con lluvias en verano y poca oscilación térmica, según Koppen, la precipitación media anual es de 900 mm, con una temperatura media anual de 14.7°C (Martínez y Quiroz, 2009).

### VI.2 Obtención del material vegetal

La germinación de la semilla se realizó con una empresa de germinación establecida en el Municipio de Atlacomulco Estado de México. Se trabajo con semillas de *T. erecta* L. de la variedad Marigold Marvel (Akiko S.A. de C.V) de porte bajo, las cuales se germinaron en charolas de 200 cavidades, se ingresó una semilla por cavidad.

Las plántulas se trasplantaron después de 14 días, en macetas de 6 pulgadas y fueron mantenidas en el invernadero de la Especialidad de Floricultura para darle seguimiento en su crecimiento y desarrollo.

### VI.3 Obtención de sustratos

1.- El lodo residual fue donado por el IITCA (Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua) donde se realizó el tratamiento de aguas residuales, y se obtiene como producto deshidratado.

2.- El segundo sustrato fue una vermicomposta comercial de la empresa Silagro

S.P.R. de R.L. de CV, proveniente de una mezcla de estiércol de vaca, ovino y caballo transformados por lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).

A cada uno de los sustratos utilizados se determinó Propiedades físicas y Químicas

3.- El tercer sustrato esta constituido por una mezcla de hoja de monte, tepojal y tierra negra en una relación de 5:3:2. que son las proporciones que se utilizan como Sstrato Tradicional en la zona de Atlacomulco Estado de México para la producción de cempaxúchitl.

#### V1.3.1 Caracterización de las propiedades químicas y físicas

Los sustratos se analizaron en el laboratorio de Edafología de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Las propiedades físicas que se determinaron fueron:

- Porosidad
- Saturación
- Capacidad de Campo
- Punto de Marchitez permanente
- Agua disponible
- Densidad aparente
- Densidad real

Mientras que las propiedades químicas fueron:

- pH,
- Conductividad eléctrica (CE),

- Relación Carbono/Nitrógeno (C/N),
- Macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg),
- Capacidad de intercambio catiónico.

#### VI.4 Establecimiento del experimento

Las plántulas de cempaxúchitl (*T. erecta*) se trasplantaron a macetas de 6 pulgadas para su crecimiento y desarrollo. Los tratamientos de 12.5, 25, 50 y 75% de vermicomposta (V<sub>12.5</sub>, V<sub>25</sub>, V<sub>50</sub>, V<sub>75</sub>) y lodo residual (LR<sub>12.5</sub>, LR<sub>25</sub>, LR<sub>50</sub>, LR<sub>75</sub>) participaron como componentes en el sustrato original adicionalmente se añadió el sustrato inorgánico (50% tepojal y 50% suelo). Los porcentajes de los sustratos utilizados sustituyeron a la tierra de monte. El testigo T<sub>0</sub> fue el sustrato tradicional utilizado en el Municipio de Atlacomulco, y los tratamientos al 100%, (V<sub>100</sub> y LR<sub>100</sub>) por el uso del sustrato orgánico puro.

**Cuadro 1.** Tratamientos utilizados como sustrato orgánico en diferentes porcentajes de mezclas.

Mezcla 1	Mezcla 2		Mezcla 3	
Sustrato tradicional	Vermicomposta (Silagro)		Lodo residual	
T <sub>0</sub>	V100	100% Sustrato orgánico	LR100	100% Sustrato orgánico
70% Sustrato orgánico	V75	75% sustrato orgánico 25 sustrato inorgánico	LR75	75% sustrato orgánico 25 sustrato inorgánico
30% Sustrato inorgánico	V50	50% Sustrato orgánico 50 % Sustrato inorgánico	LR50	50% Sustrato orgánico 50 % Sustrato inorgánico
	V25	25% Sustrato orgánico 50% Sustrato inorgánico	LR25	25% Sustrato orgánico 50% Sustrato inorgánico

	V12.5	12.5% Sustrato orgánico 87.5 % Sustrato inorgánico	TLR12.5	12.5% Sustrato orgánico 87.5 % Sustrato inorgánico
--	-------	--	---------	---

Para llenar las macetas se preparó el sustrato con las condiciones de humedad, esto se realizó para evitar que queden espacios porosos excesivos, por lo que se tomaron 100 ml de agua en un recipiente, para posteriormente mezclarlos con 100 g de la combinación de sustratos; después se homogenizaron los componentes de la mezcla para posteriormente colocarlos en las macetas.

A las plantas se les regó con agua de grifo conforme a las necesidades del cultivo en base a su etapa fenológica. Se eliminó la dominancia apical a los 22 días después del trasplante, para inducir brotes vegetativos laterales.

### V1.5 Diseño experimental

Los datos obtenidos se analizaron bajo un diseño de parcelas divididas para conocer el efecto del tipo de sustrato en el desarrollo de la planta. Así como el efecto en cada mezcla de sustrato, con 11 tratamientos y 25 repeticiones, para un total de 275 unidades experimentales.

Para conocer el efecto individual de cada mezcla por tipo de sustrato, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) bajo un diseño de bloques completos al azar con 25 repeticiones. Cuando existió diferencias significativas, entre los tratamientos, se procedió a la realización de separación de medias con la prueba de Tukey  $\leq 0.05\%$  usando el programa SAS System versión 9.2.

## VI.6 Variables de estudio

### VI.6.1 Altura de planta

La altura de plantas se determinó midiendo (cm) desde la base del tallo hasta la última yema terminal, con una regla plástica.

### VI.6.2 Diámetro de tallo

Se determinó midiendo (cm) de manera transversal la longitud del tallo con la ayuda de un calibrador Vernier.

### VI.6.3 Días a floración

Se identificó los días transcurridos desde la fecha del trasplante hasta que las lígulas sobresalgan de las brácteas. Según Vázquez (2002), la floración comienza en un lapso de dos meses después del trasplante.

### VI.6.4 Diámetro de la flor

Una vez que la inflorescencia abrió completamente se midió el diámetro (cm) con ayuda de un calibrador Vernier.

### VI.6.5 Número de flores

Se contaron el número de capítulos cabezuela por cada una de las unidades experimentales.

### VI.6.6 Mortandad

Se contaron cada semana el número de plantas muertas.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSION

En las condiciones del invernadero de la especialidad de la Facultad de Ciencias Agrícolas, de manera general, se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos en las variables evaluadas para ambos sustratos orgánicos. Se evidenció una respuesta rápida en los tratamientos donde la proporción de los sustratos fue del 100%, que ocasionaron la muerte de la plántula.

En altura de planta, a los 70 días después de haber trasplantado la plántula de cempaxúchitl, el tratamiento LR<sub>75</sub> presentó la mayor altura entre los diferentes tratamientos evaluados, con 29.48 cm (Cuadro 2). Los tratamientos con base de lodo residual superaron la altura expresada en la mezcla tradicional. El tratamiento con base de lodo residual, que menor altura alcanzo, fue el LR<sub>100</sub> con 13.96 cm. Las mezclas de 75% y 50% de lodo residual tuvieron un comportamiento estadístico similar.

**Cuadro 2.** Comparación de medias para la variable altura de planta por cada fecha de muestreo usando lodo residual como sustrato en cempaxúchitl.

Trat	Días después del trasplante									
	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
LR <sub>100</sub>	8.94 a	6.46 c	6.52 b	6.12 b	7.56 c	8.64 C	10.54 c	11.92c	13.04 c	13.96 c
LR <sub>75</sub>	8.82 a	10.68ab	12.82 a	12.36 a	16.04AB	21.20 a	23.46 a	25.46 a	27.48 a	29.48 a
LR <sub>50</sub>	8.06 a	10.28ab	12.24 a	12.22 a	15.84AB	21.08 a	22.54 ab	24.46ab	26.34 ab	28.04 a
LR <sub>25</sub>	8.38 a	10.94ab	12.22 a	13.18 a	15.40AB	20.12 ab	21.10 ab	22.50ab	24.18 ab	25.80 ab
LR <sub>12.5</sub>	8.88 a	11.68 a	12.94 a	13.76 a	16.20A	20.88 a	21.72ab	23.16ab	25.24 ab	27.00ab
T <sub>0</sub>	8.22 a	9.78 a	11.52 a	12.34 a	14.48B	17.84 b	19.72b	20.92 b	22.12 b	23.24 b

\*Valores de las medias en la columna con las mismas letras indican igualdad en términos estadísticos. Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

Los resultados obtenidos para esta variable son similares a los presentados por Francisco *et al.* (2011) donde evaluaron dosis de 0, 25, 50, 75 y 100% de lodo composteado procedente de la planta de tratamiento de aguas residuales y establecidos en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) donde la mayor altura se reportó en el tratamiento con 75% de lodo residual seguida de 50%; los tratamientos que mostraron valores más bajos para esta variable fueron los tratamientos con 0% lodo residual y el testigo que estuvo compuesto por fertilizante inorgánico con un control de N-P-K 300-400-200 ppm.

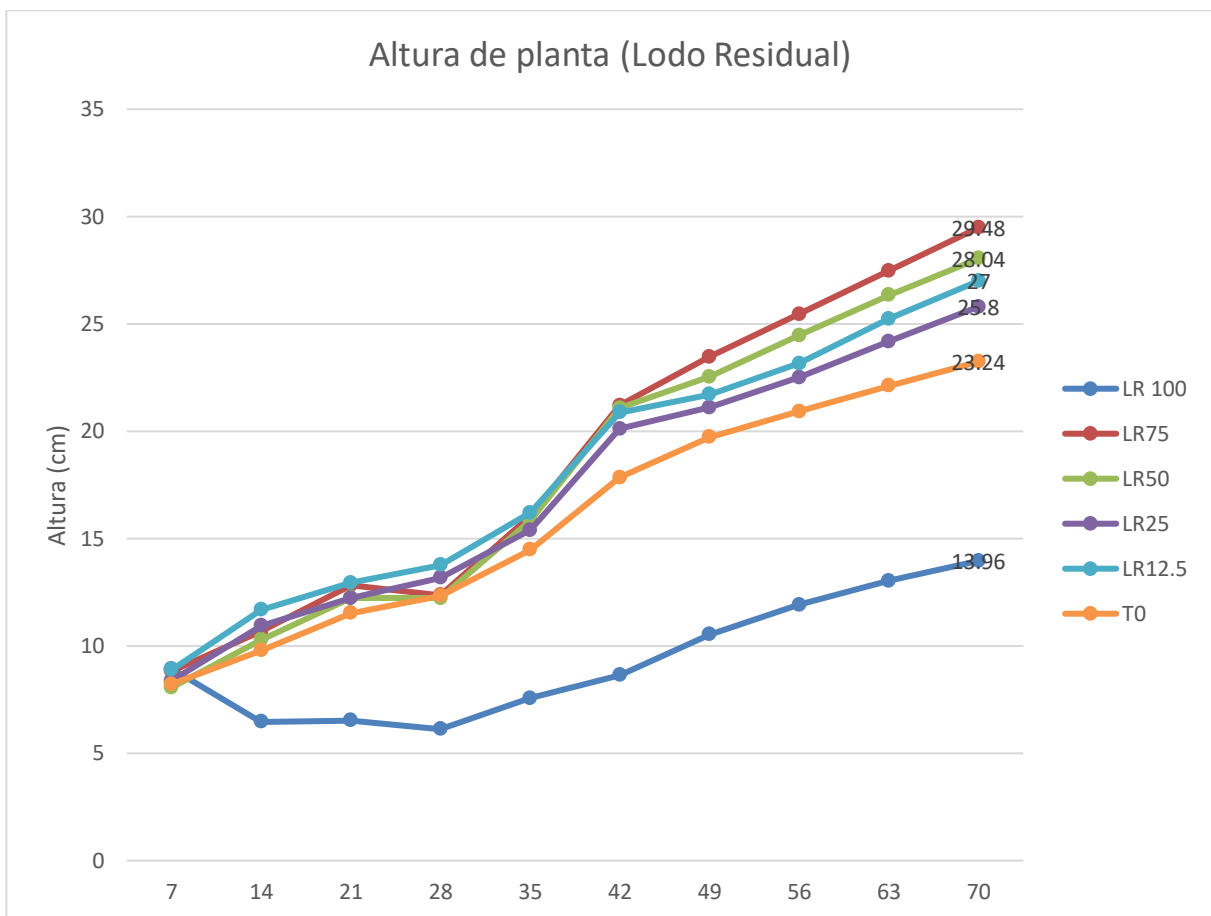


Figura 1. Altura de planta en con mezclas de Lodo Residual al 100%, 75%, 50%, 25%, 12.5% y testigo tradicional T0

**Cuadro 3.** Comparación de medias para la variable altura de planta por cada fecha de muestreo usando vermicomposta como sustrato en cempaxúchitl (continuación)

Trat	Días después del trasplante									
	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
V <sub>100</sub>	7.62 d	2.76c	0.36 c	0.40d	0.44 c	0.0 c	0.0c	0.0 c	0.0 c	0.0c
V <sub>75</sub>	9.08ab	4.24bc	0.0 c	0.0d	0.0 c	0.0 c	0.0c	0.0 c	0.0c	0.0c
V <sub>50</sub>	8.34bcd	5.36b	0.70 c	2.84c	0.0 c	0.0 c	0.0c	0.0 c	0.0c	0.0c
V <sub>25</sub>	8.86abc	9.18a	8.96 b	9.64 b	11.16b	12.44 b	14.16a	15.08 b	16.88b	18.36b
V <sub>12.5</sub>	9.60 a	10.84a	10.84 a	11.88 a	14.12a	17.90 a	19.64a	21.14 a	23.30a	25.32a
T <sub>0</sub>	8.22 bc	9.78b	11.52 a	12.34 b	14.48b	17.84 b	19.72b	20.92 c	22.12c	23.24a

\*Valores de las medias en la columna con las mismas letras indican igualdad en términos estadísticos. Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

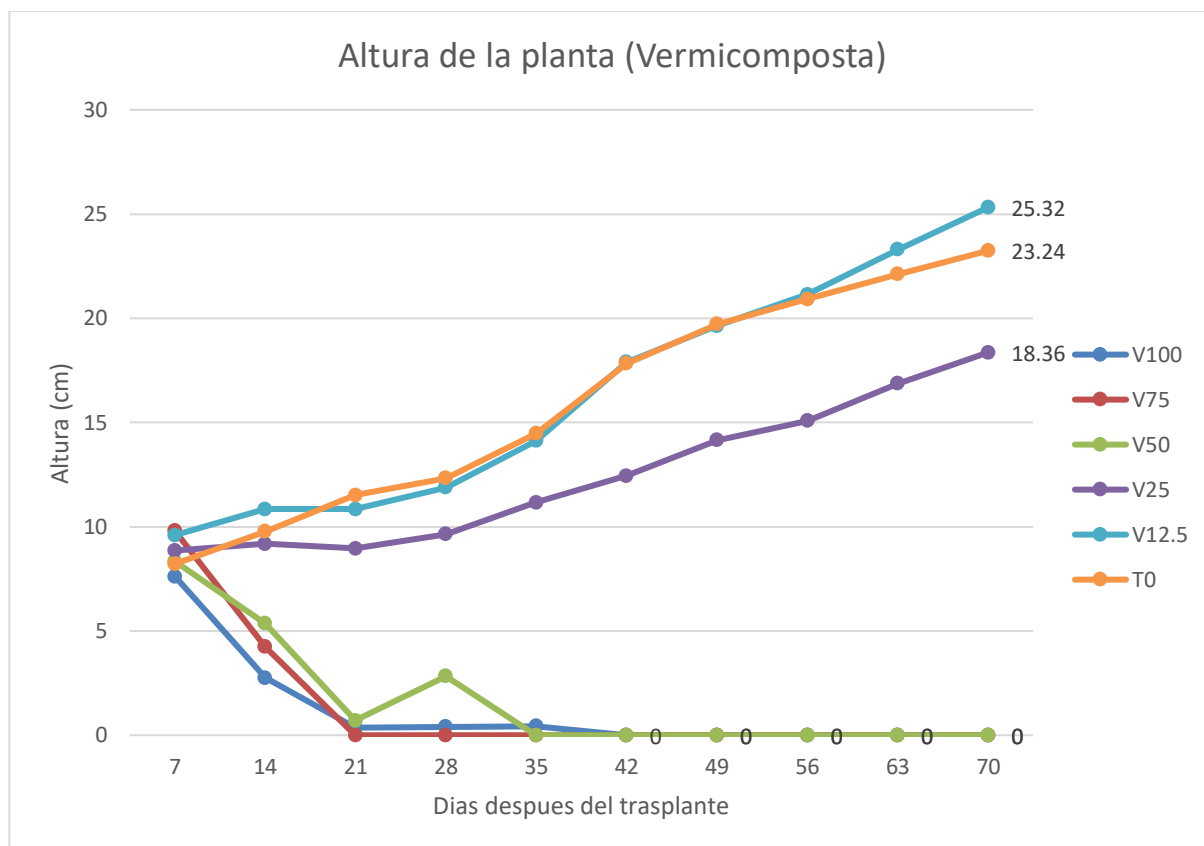


Figura 2. Altura de planta en con mezclas de Vermicomposta al 100%, 75%, 50%, 25%, 12.5% y testigo tradicional T0



La mezcla de vermicomposta que tuvo la mayor altura fue el de V<sub>12.5</sub> con 25.32cm, superando la mezcla tradicional que alcanzó una altura de 23.24 cm. Los tratamientos de V<sub>100</sub>, V<sub>75</sub> Y V<sub>50</sub> no expresaron altura debido a que las plantas murieron a partir de los 16 después del trasplante y hasta la muerte total al final del ciclo. Las mezclas de 12.5% vermicomposta y la mezcla tradicional tuvieron un comportamiento estadístico similar.

**Cuadro 4.** Comparación de medias para la variable diámetro del tallo por cada fecha de muestreo en las diferentes mezclas de lodo residual.

Tratamiento	Días después del trasplante				
	15	30	45	60	75
LR <sub>100</sub>	0.27a	0.17d	0.19c	0.23d	0.29c
LR <sub>75</sub>	0.22b	0.30c	0.35b	0.58ab	0.67a
LR <sub>50</sub>	0.22b	0.41a	0.45 <sup>a</sup>	0.64a	0.69a
LR <sub>25</sub>	0.23b	0.39ab	0.45 <sup>a</sup>	0.56ab	0.64a
LR <sub>12.5</sub>	0.23b	0.35b	0.44 <sup>a</sup>	0.54b	0.64a
T <sub>0</sub>	0.26a	0.29c	0.37b	0.41c	0.48b

\*Valores de las medias en la columna con las mismas letras indican igualdad en términos estadísticos. Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

Entre las diferentes mezclas de lodo residual no hubo una diferencia significativa, a excepción del LR<sub>100</sub> donde se registró el diámetro de tallo más pequeño con 0.29 cm. Los tratamientos de LR<sub>75</sub>, LR<sub>50</sub>, LR<sub>25</sub> y LR<sub>12.5</sub> superaron significativamente al testigo tradicional.

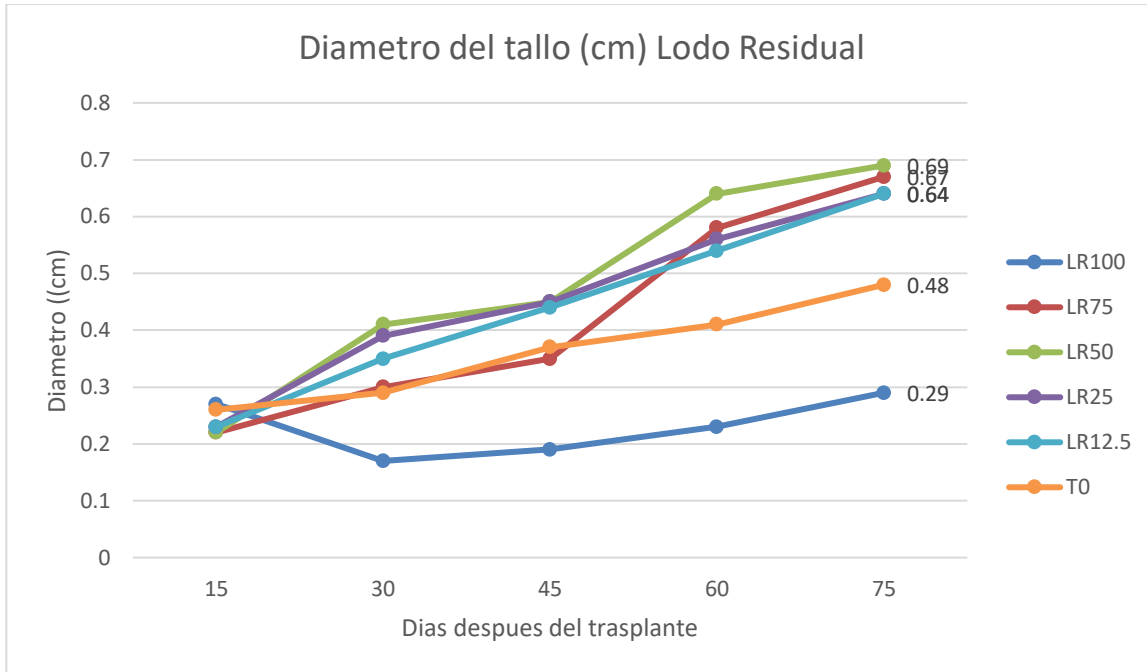


Figura 3. Diámetro de tallo en mezclas de Lodo Residual al 100%, 75%, 50%, 25%, 12.5% y testigo tradicional T0

Los tratamientos de LR<sub>75</sub> y LR<sub>50</sub> mostraron los mejores resultados, para las variables altura y diámetro de tallo, expresando un comportamiento estadístico similar.

**Cuadro 5. Comparación de medias para la variable diámetro del tallo por cada fecha de muestreo en las diferentes mezclas de vermicomposta**

Trat	Días después del trasplante				
	15	30	45	60	75
V100	0.22c	0.0d	0.0c	0.0c	0.0d
V75	0.28ab	0.0d	0.0c	0.0c	0.0d
V50	0.29a	0.43c	0.0c	0.0c	0.0d
V25	0.27ab	0.30b	0.36b	0.39b	0.41c
V12.5	0.25bc	0.38a	0.42a	0.49a	0.55a
Tradicional	0.26a	0.29c	0.37b	0.41c	0.48b

\*Valores de las medias en la columna con las mismas letras indican igualdad en términos estadísticos. Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

Las plantas de los tratamientos con mayor porcentaje de Vermicomposta no lograron

terminar las etapas fenológicas debido a la mortandad expresada a los 30 después del trasplante, por lo que estadísticamente no hubo diferencias significativas entre los tratamientos V<sub>100</sub>, V<sub>75</sub> y V<sub>50</sub>. Sin embargo, se mostró una diferencia significativa entre V<sub>25</sub>, V<sub>12.5</sub> y la mezcla tradicional. El mayor diámetro de tallo lo expresaron las plantas que crecieron en el sustrato de V<sub>12.5</sub>

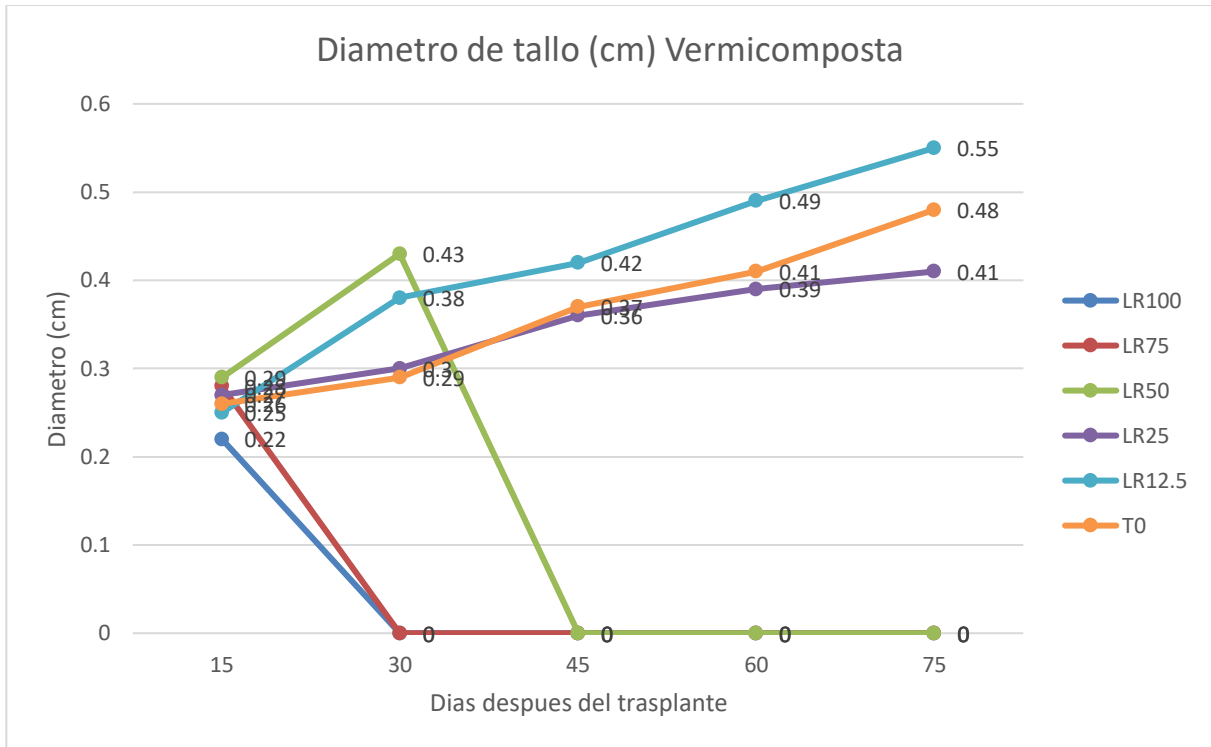


Figura 4. Diámetro de tallo en mezclas de Vermicomposta al 100%, 75%, 50%, 25%, 12.5% y testigo tradicional T0

Los resultados registrados para las variables altura de la planta y diámetro de tallo, que fueron obtenidos para las diferentes mezclas de Vermicomposta, difieren a los reportados por Acosta-Duran *et al.* (2014) donde evaluaron el efecto de la Vermicomposta (provenientes de residuos de jardinería) en el cultivo en contenedor en el cultivo de *Ageratum houstonianum* Mill, y *Petunia Hybrida* E. Vilm., determinando

que el tratamiento con Vermicomposta al 100% mostró los valores más altos en las variables evaluadas (altura de planta, peso seco de vástago, y número de flores) en ambas especies evaluadas.

**Cuadro 6.** Comparación de medias para la variable diámetro de la flor a los 71 días después del trasplante para las diferentes mezclas de lodo residual.

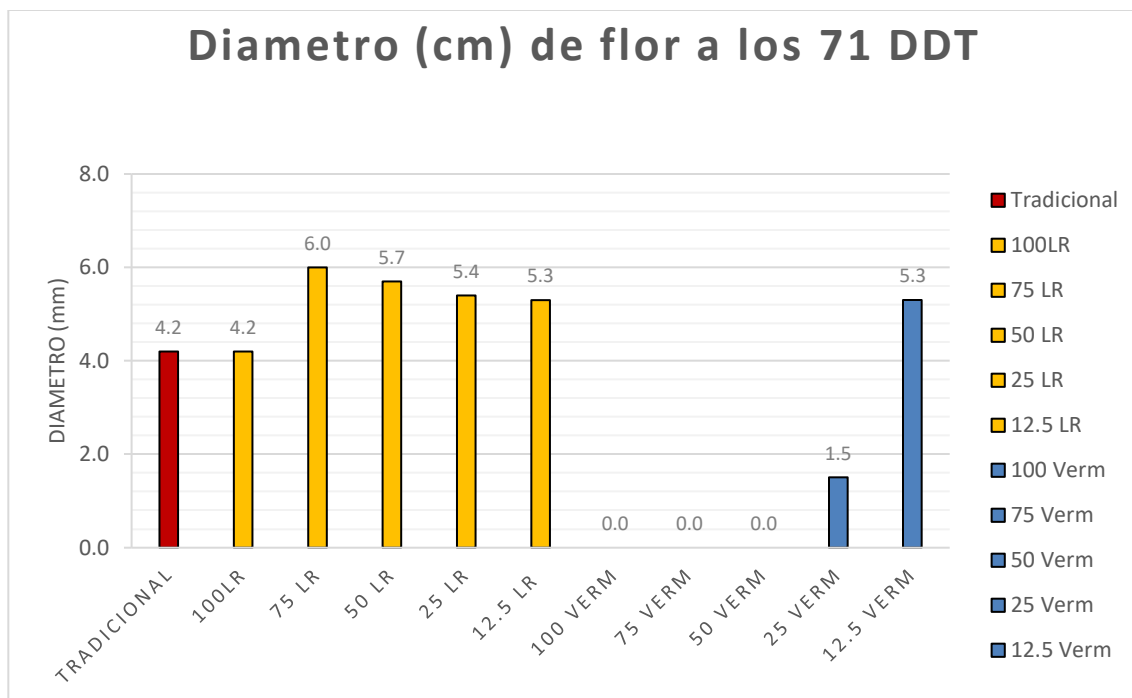
Tratamiento	Diámetro de la flor
LR <sub>100</sub>	4.2 b
LR <sub>75</sub>	6.0 a
LR <sub>50</sub>	5.7 a
LR <sub>25</sub>	5.4 a
LR <sub>12.5</sub>	5.3 a
T <sub>0</sub>	4.2 b

\*Valores de las medias en la columna con las mismas letras indican igualdad en términos estadísticos. Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

**Cuadro 7.** Comparación de medias para la variable diámetro de la flor a los 71 días después del trasplante para las diferentes mezclas de vermicomposta

Tratamiento	Diámetro de la flor
V <sub>100</sub>	0.0 d
V <sub>75</sub>	0.0 d
V <sub>50</sub>	0.0 d
V <sub>25</sub>	1.5 c
V <sub>12.5</sub>	5.3 a
T <sub>0</sub>	4.2 b

\*Valores de las medias en la columna con las mismas letras indican igualdad en términos estadísticos. Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).



**Figura 5.** Diámetro de la flor a los 71 días después del trasplante para los diferentes sustratos evaluados

En la Figura 5 se observa que la mezcla del LR<sub>75</sub> tuvo el mayor diámetro de flor con 6.0 mm en promedio a los 71 días; el tratamiento con menor diámetro expresado fue el de V<sub>25</sub> con un promedio de 1.5 cm de diámetro. La mejor mezcla de Vermicomposta fue el tratamiento de V<sub>12.5</sub> con 5.3 cm de diámetro. El poco crecimiento reproductivo y vegetativo en varias especies ornamentales ante la aplicación de altas dosis de vermicomposta están probablemente asociadas con la alta concentración de sales a niveles perjudiciales para el cultivo Atiyeh *et al.* (2002).

El tratamiento LR<sub>100</sub> se mostró con el mismo diámetro promedio que el T<sub>0</sub> a los 71 días. Acosta *et al.* (2014) reportaron que a medida que disminuía las dosis aplicadas de vermicomposta (100%, 75%, 50% y 25%) también disminuía el diámetro de flores en *Petunia Hybrida* E. Vilm. Este autor también reportó que no existieron diferencias

significativas en el diámetro y tamaño de las flores de *Ageratum houstonianum* Mill en dosificaciones de 25, 50, 75 y 100% vermicomposta a base de residuos de jardinería

**Cuadro 8.** Comparación de medias para la variable diámetro de la flor a los 71 días después del trasplante para las diferentes mezclas de lodo residual.

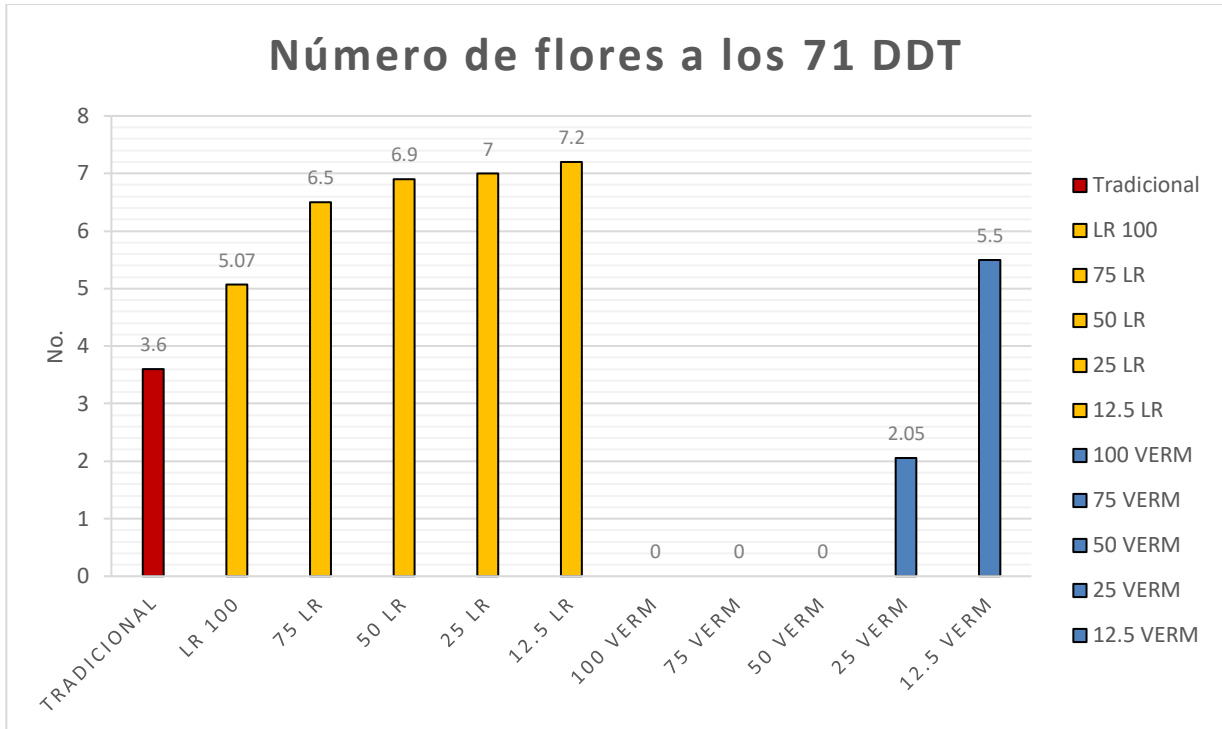
Tratamiento	Número de flores
LR <sub>100</sub>	5.07 b
LR <sub>75</sub>	6.50 a
LR <sub>50</sub>	6.90 a
LR <sub>25</sub>	7.00 a
LR <sub>12.5</sub>	7.20 a
T <sub>0</sub>	3.60 b

\*Valores de las medias en la columna con las mismas letras indican igualdad en términos estadísticos. Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

**Cuadro 9.** Comparación de medias para la variable diámetro de la flor a los 71 días después del trasplante para las diferentes mezclas de vermicomposta.

Tratamiento	Número de flores
V <sub>100</sub>	0.0 d
V <sub>75</sub>	0.0 d
V <sub>50</sub>	0.0 d
V <sub>25</sub>	2.05 c
V <sub>12.5</sub>	5.50 a
T <sub>0</sub>	3.60 b

\*Valores de las medias en la columna con las mismas letras indican igualdad en términos estadísticos. Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).



**Figura 6.** Número de capítulos cabezuela por cada unidad experimental

En la Figura 6 se muestra la diferencia entre el número de flores expresada entre tratamientos a los 71 días después del trasplante, el mayor número de flores se encontró en la mezcla del LR<sub>12.5</sub> con 7.2 capítulos promedio. La mezcla que tuvo la menor cantidad de capítulos fue de 25% Vermicomposta con 2.05 capítulos promedio. Entre las diferentes mezclas de lodo residual, el tratamiento de LR<sub>100</sub>, fue el que presentó la menor cantidad de capítulos con 5.07, sin embargo, se encuentra por arriba del promedio de la mezcla tradicional con 3.6 capítulos.

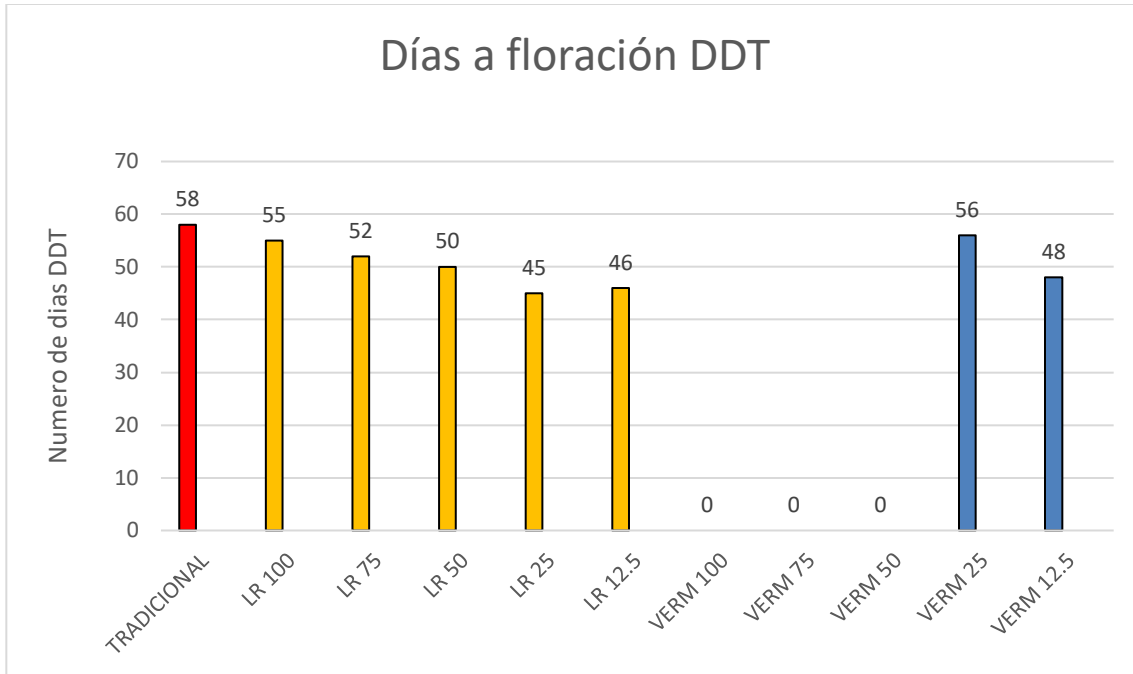
Los resultados de esta variable difieren a los reportados por Acosta *et al.* (2014) donde refiere que el número de flores en las plantas de *Petunia hybrida* E. Vilm disminuyó uniformemente a medida que disminuyeron las dosis aplicadas de vermicomposta. (dosificaciones de 25, 50, 75 y 100% vermicomposta)

La mejor respuesta entre los sustratos de Vermicomposta que lograron alcanzar la floración fue el de V<sub>12.5</sub> y V<sub>25.0</sub>, con una diferencia promedio de 3.45 cm entre ambos. Por otro lado, existió una diferencia numérica de 5.15 cm entre el tratamiento con mayor diámetro (LR<sub>12.5%</sub>) y el que tuvo menor diámetro (V<sub>25</sub>).

Estos resultados coinciden con los encontrados por Chamani *et al.* (2008) quienes reportaron que la incorporación vermicomposta en los sustratos en la producción de petunia ocasionaba un incremento del número de flores por planta, sin embargo, las dosis deberían de estar entre 20% y 40% del volumen del total de la maceta o contenedor, ya que las dosis superiores al 40% reportaban un efecto contrario.

Los resultados para esta variable son similares con los reportados por Atiyeh *et al.* (2002) quienes evaluaron el crecimiento y floración de marigold (*Tagetes patula*) con diferentes porcentajes de vermicomposta a base de estiércol de cerdo, quienes encontraron que el número y tamaño de las flores incrementaron al aumentar la dosis aplicada de vermicomposta hasta un máximo de 40%, y que los menores resultados fueron obtenidos con las dosis de 90 y 100%.

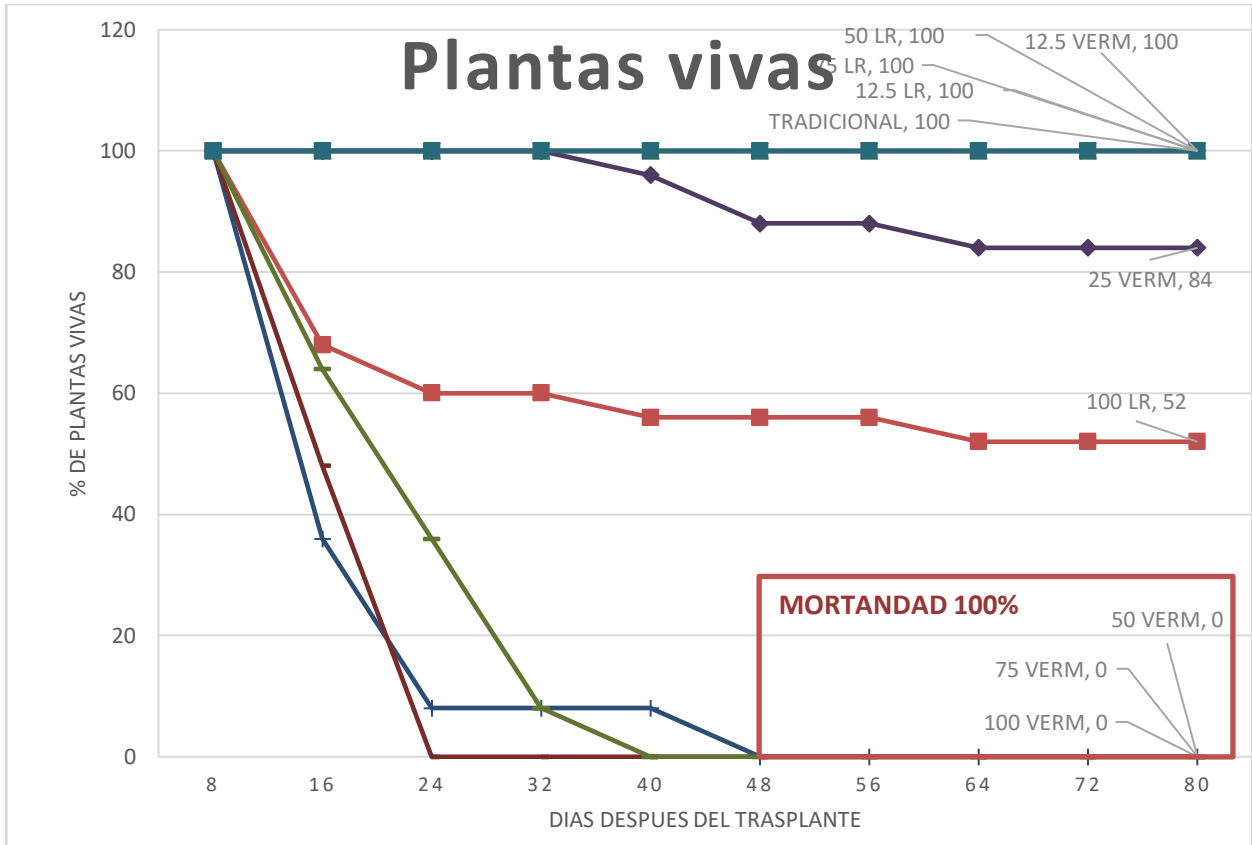




**Figura 7.** Días a floración de plantas de *T. erecta* en los diferentes sustratos evaluados

En la Figura 7 se muestran los días a floración de *T. erecta* en cada una de las mezclas, donde se aprecia que la mezcla tradicional fue el tratamiento que postergo más el tiempo a floración con 58 días y el tratamiento que presentó la floración más temprana fue la mezcla de LR<sub>25</sub> con 45 días después del trasplante

La mezcla a base en lodos residuales con mayor número de días a floración fue el tratamiento LR<sub>100</sub> con 55 días.



**Figura 8.** Mortandad de plantas de *T. erecta* en los diferentes sustratos evaluados

En la Figura 8 muestra el porcentaje de plantas vivas en los tratamientos después del trasplante, donde se observa que seis de los tratamientos mantuvieron al menos el 52% de las plantas vivas durante todo el ciclo fenológico de la planta, siendo estos: T<sub>0</sub>, LR<sub>75</sub>, LR<sub>50</sub>, LR<sub>25</sub>, LR<sub>12.5</sub> y V<sub>12.5</sub>.

Las mezclas de V<sub>100</sub>, V<sub>75</sub> y V<sub>50</sub>, no lograron sobrevivir al final del ciclo. Las plántulas establecidas en el sustrato de V<sub>100</sub> tuvieron una tendencia de senescencia inmediatamente después del trasplante, sin embargo, la planta murió totalmente el día 24 después del trasplante, seguida del sustrato V<sub>75</sub> que murió a los 40 días y finalmente el V<sub>50</sub> que murió a los 48 días.

La mezcla del 25% de Vermicomposta tuvo una pérdida del 16% de las plantas totales

del tratamiento, hasta el final del ciclo fenológico.

El tratamiento de LR<sub>100</sub> tuvo una pérdida del 48% de las plantas totales del tratamiento, hasta el final del ciclo fenológico. Esto puede ser efecto de la Conductividad Eléctrica que presentaron las mezclas de Vermicomposta. (Quesada, 2004) menciona que los sustratos que contienen una CE superiores a 3.5 Ds.m<sup>-1</sup> no son convenientes, ya que pueden tener efectos negativos en el crecimiento de las raíces y desarrollo de las plántulas.

### Análisis físico –químicos de los sustratos

En el sustrato de V<sub>100</sub> se obtuvo un valor de pH fuertemente alcalino de 9.58. Las altas concentraciones posiblemente son producto de la Vermicomposta, esto coincide con Bollo (1999) citado por Cruz (2010), donde determino que la lombriz (*E. foetida*) a través de una glándula especializada, produce una digestión alcalina.

El sustrato de LR<sub>100</sub> alcanzo un pH alcalino del 8.56 donde al igual que la vermicomposta, conforme disminuyo el porcentaje de material orgánico en la mezcla, a su vez también disminuyo el pH de sustrato. El valor de pH que presento en sustrato LR<sub>12.5</sub> se encuentra dentro del intervalo óptimo para el desarrollo del cultivo de cempaxúchitl, según Martínez, (2007)

Havlin y Moebius-Clune (2012) mencionan que un pH bajo puede presentar deficiencias de N, K, Ca y Mg y un pH muy alto puede disminuir la solubilidad de Fe, P, Mn, Cu y Zn. Estos autores mencionan que un pH neutro permite la adsorción de macronutrientes y micronutrientes. Estos resultados afirman que los materiales inertes que se consideraron para este trabajo no influyeron en los parámetros de

disponibilidad de nutrientes. La mezcla de LR<sub>25</sub> destacó con un valor neutro de 7.10. Por su parte la mezcla tradicional T<sub>0</sub> obtuvo el valor moderadamente ácido con 5.08. El pH de todos los tratamientos fue alto respecto a los recomendados por Abad et al. (2004) para cultivos en contenedores.

#### Materia Orgánica (MO)

Los contenidos de materia orgánica para los lodos residuales fueron bajos; en contraste con los obtenidos en Vermicomposta que llegó a valores de hasta un porcentaje de 15.46.

**Cuadro 10. Propiedades químicas de los sustratos orgánicos evaluados.**

Sustrato	pH	CIC	CO	MO	CE
		Cmol/kg			dS/m
T0 Tradicional	5.08	6.34	1.95	3.36	1.24
LR100	8.56	9.46	5.07	8.74	5.06
LR75	8.23	7.75	4.29	7.40	3.05
LR50	7.47	5.91	2.34	4.03	2.38
LR25	7.10	5.53	3.12	5.38	1.58
LR12.5	6.40	3.65	2.34	4.03	2.34
V100	9.58	31.93	8.97	15.46	15.32
V75	9.09	31.52	6.24	10.76	12.04
V50	9.09	23.60	5.07	8.74	8.02
V25	8.70	19.43	4.29	7.40	6.03
V12.5	8.73	9.32	2.73	4.71	2.23

En cuanto a la CE las mezclas de lodos residuales en general presentaron valores de

moderadamente salinas por el contrario las mezclas de vermicomposta se clasificaron como fuertemente salinas. El  $T_0$  tuvo valores de 1.24 que estuvo por debajo de las mezclas tanto de Lodos Residuales como de Vermicomposta. En la mayoría de las mezclas a excepción de la mezcla tradicional; la CE tuvieron valores mayores a 1.5  $dS/m^{-1}$ , valores poco aceptables para cultivos de plantas en contenedor según Abad *et al.*, 2004.

Havlin y Moebius-Clune (2012) sugieren que la concentración de sales solubles de un sustrato sea baja, en medida de lo posible menor a 1  $dS/ m^{-1}$ , para evitar problemas de fitotoxicidad y tener un mejor control en la fertilización.

Los sustratos que contienen una CE superiores a 3.5  $dS/ m^{-1}$  no son convenientes, ya que pueden tener efectos negativos en el crecimiento de las raíces y desarrollo de las plántulas (Quesada, 2004).

**Cuadro 11.** Propiedades físicas de los sustratos orgánicos evaluados.

<b>Sustrato</b>	<b>DA</b>	<b>DR</b>	<b>Porosidad</b>	<b>Sat</b>	<b>CC</b>	<b>PMP</b>	<b>AD</b>
	<b>g/cm<sup>3</sup></b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>		<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
T0 Tradicional	0.79	0.13	511.16	67.64	76.89	13.53	63.36
LR100	0.75	0.34	123.31	81.06	69.80	16.21	53.59
LR75	0.77	0.28	170.68	51.56	46.90	10.31	36.59
LR50	0.81	0.16	423.06	78.38	58.90	15.68	43.23
LR25	0.79	0.21	281.97	55.60	43.03	11.12	31.91
LR12.5	0.79	0.16	409.30	46.11	41.38	9.22	32.16
V100	0.77	0.59	29.45	77.67	68.43	15.53	52.90
V75	0.81	0.41	96.15	67.95	55.92	13.59	42.33
V50	0.81	0.34	141.41	63.04	60.71	12.61	48.10
V25	0.83	0.28	193.23	58.18	46.74	11.64	35.11
V12.5	0.94	0.18	418.39	51.29	49.85	10.26	39.59

DA=densidad aparente, DR=densidad real, Porosidad, Sat=saturación, CC=Capacidad de Campo, PMP= Punto de marchitez permanente, AD= Agua disponible.

**Cuadro 12.** Elementos nutricionales presentes de los sustratos orgánicos evaluados.

<b>Sustrato</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>CN</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Na</b>
	<b>%</b>	<b>ppm</b>	<b>Ppm</b>	<b>ppm</b>	<b>ppm</b>	<b>ppm</b>	<b>ppm</b>
T0 Tradicional	0.69	12.03	662.80	2.81	747.18	98.1	19.32
LR100	1.70	24.29	287.88	2.98	1257.66	279.4	24.78
LR75	1.41	15.80	217.59	3.05	1073.96	206.0	23.94
LR50	0.91	23.11	153.98	2.58	851.39	133.8	32.76
LR25	0.80	80.97	117.16	3.92	861.99	96.2	27.72
LR12.5	0.88	41.67	123.86	2.65	517.55	76.5	25.62
V100	2.12	17.53	1359.07	4.23	3530.99	1232.9	118.86
V75	1.88	14.47	1255.30	3.31	3530.99	1232.9	86.10
V50	1.59	52.52	1041.06	3.18	3214.81	545.8	71.82
V25	1.38	61.79	816.78	3.11	2861.53	330.6	63.84
V12.5	0.75	13.76	528.90	3.64	1275.33	164.7	48.72

La relación de Ca<sup>+</sup> y Mg<sup>+</sup> fueron ideales en los tratamientos de las mezclas de lodo residual e excepción de a mezcla LR<sub>25</sub> donde se presentó deficiencia de Mg<sup>+</sup>, esta misma deficiencia se presentó en la mezcla de V<sub>25</sub>. Los sustratos V<sub>100</sub> y V<sub>75</sub> presentaron condiciones bajas de Ca<sup>+</sup>.

El K<sup>+</sup> presento niveles óptimos (100-300 ppm) en las mezclas de lodo residual y niveles muy altos en las mezclas de Vermicomposta y el T<sub>0</sub> testigo con mezcla tradicional (<300 ppm). Sin embargo, el alto contenido de K<sup>+</sup> puede causar desbalances en el resto de los elementos catiónicos. Las altas concentraciones de K<sup>+</sup>

y  $\text{N-NH}_4^+$  puede propiciar deficiencias de  $\text{Ca}^+$  y  $\text{Mg}^+$ . (Molina, 2011)

El  $T_0$  mezcla tradicional presento deficiencia de  $\text{Mg}^+$  con relación a  $\text{K}^+$  donde se presentó un efecto antagonista, esto se vio reflejado en la altura, numero de flores y coloración de la planta, ya que las hojas del testigo se observaron colores verdes con menor intensidad en comparación con el de lodos residuales. Estas características coinciden con Hawkesford *et al.*, (2012) quien afirma que el Mg actúa como activador en el metabolismo de los carbohidratos y es un elemento estructural de la molécula de clorofila, por lo que la deficiencia de este elemento se caracteriza por una clorosis en las hojas.

La relación  $\text{Mg}^+/\text{K}^+$  que se mostró en el resto de los tratamientos se consideró aceptable.

La mortalidad que se presentó en los sustratos  $V_{100}$ ,  $V_{75}$  y  $V_{50}$  puede atribuirse a la CE ya que se presentaron parámetros muy altos. La mortalidad total de las plantas se presentó a los 24 días después del trasplante en el sustrato de  $V_{100}$ , con una conductividad eléctrica de  $15.32 \text{ ds}\cdot\text{m}^{-1}$ , seguido del sustrato  $V_{75}$  con  $12.04 \text{ ds}/\text{m}^{-1}$  y finalmente el sustrato con  $V_{50}$  con una conductividad eléctrica de  $8.02 \text{ ds}/\text{m}^{-1}$  donde las plantas murieron a los 40 y 48 días respectivamente, después del trasplante sin completar su ciclo reproductivo.

Progreso de altura de planta (cm).

Durante las diferentes fechas de evaluación de altura de planta se presentó diferencia significativa en la alcanzada con lodo residual respecto a vermicomposta (Cuadro 13)

todo el ciclo.

El crecimiento de la planta con lodo residual fue tres veces mayor al alcanzado con vermicomposta desde los 21 días después del trasplante, en todas las fechas fueron estadísticamente diferentes (Cuadro 14).

Respecto a los porcentajes de mezcla, existió diferencia significativa hasta los 21 días después del trasplante, aunque posteriormente se careció de la misma (Cuadro 13), se evidencio que la mezcla al 100% fue la que originó la de menor altura de planta, mientras que la mezcla al 12.5% fue la que permitió expresar mayor altura de planta seguida de la mezcla al 25% (Cuadro 15).

El análisis de varianza realizada para la variable diámetro de tallo indicó diferencia significativa para lodo residual con respecto a vermicomposta para todas las fechas de muestreo (Cuadro 16).

En la variable diámetro de tallo el sustrato de lodo residual tuvo resultados similares que los obtenidos para la variable altura de la planta. A los 75 después del trasplante, el diámetro del sustrato de lodo residual fue tres veces mayor; en todas las fechas los sustratos fueron estadísticamente diferentes (Cuadro 17).

En relación a los porcentajes de la mezcla, se identificó diferencia significativa a los 30, 45 y 75 días después del trasplante (Cuadro 16). Estadísticamente no se evidenciaron diferencias significativas entre mezclas para la variable diámetro de tallo (Cuadro 18).



**Cuadro 13.** Análisis de varianza obtenidos de la variable altura de la planta obtenida por cada fecha de muestreo en los diferentes tratamientos evaluados

		Días después del trasplante									
FV	GL	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
Sustrato	1	0.44 <sup>ns</sup>	779.68 <sup>**</sup>	2702.73 <sup>**</sup>	3225.61 <sup>**</sup>	5134.75 <sup>**</sup>	9480.24 <sup>**</sup>	10745.28 <sup>**</sup>	12702.09 <sup>**</sup>	14478.02 <sup>**</sup>	16240.90 <sup>**</sup>
Bloque	24	2.00 <sup>ns</sup>	9.13 <sup>ns</sup>	5.21 <sup>ns</sup>	4.54 <sup>ns</sup>	6.77 <sup>ns</sup>	11.82 <sup>ns</sup>	15.83 <sup>ns</sup>	20.76 <sup>ns</sup>	25.04 <sup>ns</sup>	29.72 <sup>ns</sup>
Sustrato	24	1.75 <sup>ns</sup>	5.25 <sup>ns</sup>	5.87 <sup>ns</sup>	3.87 <sup>ns</sup>	5.68 <sup>ns</sup>	8.90 <sup>ns</sup>	14.99 <sup>ns</sup>	17.83 <sup>ns</sup>	22.01 <sup>ns</sup>	25.08 <sup>ns</sup>
Bloque											
Mezcla	4	9.72 <sup>**</sup>	329.93 <sup>**</sup>	757.16 <sup>**</sup>	588.12 <sup>**</sup>	1013.82 <sup>**</sup>	1696.86 <sup>**</sup>	1803.48 <sup>**</sup>	1975.77 <sup>**</sup>	2390.92 <sup>**</sup>	2798.65 <sup>**</sup>
Sustrato	4	8.13 <sup>**</sup>	64.99 <sup>**</sup>	229.12 <sup>**</sup>	289.46 <sup>**</sup>	532.51 <sup>**</sup>	868.43 <sup>**</sup>	1132.44 <sup>**</sup>	1348.62 <sup>**</sup>	1618.12 <sup>**</sup>	1903.43 <sup>**</sup>
mezcla											
Error	192	1.74	8.42	5.68	4.90	6.84	10.06	13.77	20.46	24.27	27.39
Total	249										
Media		8.65	8.24	8.24	8.24	7.75	9.67	12.22	13.31	14.37	15.64
CV		15.25	35.20	28.92	28.92	28.54	27.03	25.94	27.87	31.47	31.48

\*\*Altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ); \*significativo ( $p \leq 0.05$ ); NS, no significativo.

**Cuadro 14.** Valores promedios de la altura de la planta en las mezclas de los sustratos para reducir la tierra de monte en la producción de cempaxuchil (*T. erecta* L.)

Sustrato	Días después del trasplante									
	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
Vermicomposta	8.70a	6.47b	4.95b	4.16b	5.14b	6.06b	6.76b	7.24b	8.03b	8.73b
Lodo Residual	8.61a	10.00a	11.52a	11.34a	14.20 <sup>a</sup>	18.38a	19.87a	21.50a	23.25a	24.85a

\*Valores de las medias en la columna con las mismas letras indican igualdad en términos estadísticos. Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

**Cuadro 15.** Separación de medias y valores promedio de la altura de la planta en las mezclas de los sustratos para reducir la tierra de monte en la producción de cempaxuchil (*T. erecta* L.) en macetería.

% Sustrato	Días después del trasplante									
	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
12.5%	9.24 <sup>a</sup>	11.26a	12.82a	11.87a	15.16a	19.39a	20.68a	22.15a	24.27a	26.16a
25%	8.95 <sup>a</sup>	10.06a	11.41ab	10.59 <sup>a</sup>	13.28a	16.28a	17.63a	18.79a	20.53a	22.08a
50%	8.62 <sup>a</sup>	7.82ab	7.53ab	6.47 <sup>a</sup>	8.02a	10.60a	11.73a	12.73a	13.74a	14.74a
75%	8.28 <sup>a</sup>	7.46ab	6.18ab	6.41 <sup>a</sup>	7.92a	10.54a	11.27a	12.23a	13.17a	14.02a
100%	8.20 <sup>a</sup>	4.61b	3.26b	3.44 <sup>a</sup>	4.00a	4.32a	5.27a	5.96a	6.52a	6.98a

\*Valores de las medias en la columna con las mismas letras indican igualdad en términos estadísticos. Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

**Cuadro 16.** Análisis de varianza obtenidos de la variable diámetro del tallo obtenida por cada fecha de muestreo en los diferentes tratamientos evaluados

	GL	Días después de la siembra				
		15	30	45	60	75
FV						
Sustrato	1	0.047 <sup>**</sup>	2.048 <sup>**</sup>	2.957 <sup>**</sup>	6.938 <sup>**</sup>	9.880 <sup>**</sup>
Bloque	24	0.001 <sup>ns</sup>	0.005 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	0.006 <sup>**</sup>	0.010 <sup>ns</sup>
Sustrato Bloque	24	0.001 <sup>ns</sup>	0.006 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	0.010 <sup>ns</sup>	0.012 <sup>ns</sup>
Mezcla	4	0.000 <sup>ns</sup>	0.745 <sup>**</sup>	1.051 <sup>**</sup>	1.265 <sup>ns</sup>	1.579 <sup>**</sup>
Sustrato Mezcla	4	0.025 <sup>**</sup>	0.319 <sup>**</sup>	0.373 <sup>**</sup>	0.876 <sup>**</sup>	0.917 <sup>**</sup>
Error	192	0.001	0.005	0.006	0.009	0.014
Total	249					
Media		0.25	0.23	0.27	0.34	0.39
CV%		16.73	31.97	28.74	27.34	30.20

<sup>\*\*</sup>Altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ); <sup>\*</sup>significativo ( $p \leq 0.05$ ); ns, no significativo.

**Cuadro 17.** Valores promedios del diámetro del tallo de la planta (cm) en las mezclas de los sustratos para reducir la tierra de monte en la producción de cempaxuchil (*T. erecta* L.) en macetería

Sustrato	Días después del trasplante				
	15	30	45	60	75
Vermicomposta	0.26a	0.14b	0.16b	0.18b	0.19b
Lodo Residual	0.23b	0.32a	0.38a	0.51a	0.59a

\*Valores de las medias en la columna con las mismas letras indican igualdad en términos estadísticos. Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

**Cuadro 18.** Cuadro Separación de medias y valores promedio del diámetro del tallo en las mezclas de los sustratos para reducir la tierra de monte en la producción de cempaxuchil (*T. erecta* L.) en macetería.

% Sustrato	Días después del trasplante				
	15	30	45	60	75
12.5	0.25a	0.36a	0.43a	0.51a	0.59 <sup>a</sup>
25	0.25a	0.35a	0.41a	0.48a	0.52 <sup>a</sup>
50	0.25a	0.22a	0.23a	0.32a	0.34 <sup>a</sup>
75	0.24a	0.15a	0.17a	0.29a	0.33 <sup>a</sup>
100	0.24a	0.08a	0.10a	0.12a	0.14 <sup>a</sup>

\*Valores de las medias en la columna con las mismas letras indican igualdad en términos estadísticos. Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

## VIII. CONCLUSIÓN

- 1.- El sustrato que originó el mayor desarrollo de altura de planta y diámetro de tallo, en cempaxúchitl fue con las mezclas a base de Lodo Residual.
- 2.- Las mezclas de lodo residual a 12.5, 25, 50 y 75% expresaron las mejores cualidades en el cultivo de Cempaxúchitl (*Tagetes erecta* L.) en macetería.
- 3.-El sustrato a base de vermicomposta es poco viable para el desarrollo de cempaxúchitl en maceta.
- 4.-El efecto de los materiales que son utilizados como sustratos orgánicos depende directamente del origen de los materiales con los que está elaborado dicho sustrato.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

- Abad B., M., P. Noguera M., y C. B. Carrión. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. In: Urrestarazu, M. G. (ed). Tratado de Cultivo sin Suelo. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp: 113-158.
- Acosta D., C. M., S. Gallardo C., N. Kämpf, y F. Carvallo B. 2008. Materiales regionales utilizados en Latinoamérica para la preparación de sustratos. Inv. Agrop. 5: 93-106.
- Alarcón A, L. 2000. Tecnología para cultivos de alto rendimiento. España: Novedades Agrícolas. 459 p.
- Alcántar G.C.O., R. I. Cabrera, R. F. Gavi, y V. Volke H. 2001. Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. Terra Latinoam. 19: 249-258.
- Ayala S., A., y L. A. Valdez. 2008. El polvo de coco como sustrato alternativo para la obtención de plantas ornamentales para trasplante. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 14: 161-167.
- Bingham, F. T., A. L. Page., R.J. Mahler and T. J. Ganje. 1996. Yield and cadmium accumulation of forage species in relation to cadmium content of sludge-amended soil. A usable commodity for land application. Agricultural Experiment Station. New Mexico State University. Las Cruces, New México, pp. 57-60
- Botto, J. y Mata D. 2014. La producción de plantas ornamentales en la Argentina: una mirada hacia el futuro; Asociación Civil Ciencia Hoy; Ciencia Hoy; 23; 136; 3-2014; 32-37

- Cabrera, R.I. 1995. Fundamentals of container media management, Part. 1. Physical properties. Rutgers Cooperative Extension Factsheet No. 950. 4 p
- Cartwright P. 2009. Tratamiento y reuso del agua en aplicaciones comerciales e industriales. Revista Agua Latinoamerica. 9 (1):20-24
- Cabrera R., I. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en macetas. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 5: 5-11.
- Carvajal, M. J. S. y Mera, B. A. C. 2010. Fertilización biológica: técnicas de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. Producción + Limpia. 5(2):77-96.
- Chamani, E.O., D.C. Joyce y A. Reihanytabar. 2008. Vermicompost effects on the growth and flowering of *Petunia hybrida* "Dream Neon Rose". American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 3(3): 506-512
- Cruz E. 2010. Mezclas de Vermicompost y Tezontle, diseñadas mediante un programa de optimización en SAS, para el cultivo de tomate bajo invernadero e hidroponía. Tesis de Doctorado. Colegio de Posgraduados. México. 98 p.
- Collí, M. J. 2000. Tratamiento de excretas y aguas residuales para pequeñas comunidades. Curso teórico-práctico de tratamiento de agua residual municipal e industrial. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México, D.F. pp. 6-60.
- Evangelista-Lozano S., Manzanares CY, Escobar AS y Ventura- Zapata E. 2005. Propagación de tres cultivares de *Bougainvillea glabra* Choise mediante esquejes en diferentes sustratos. Proceeding of the Interamerican Society of Tropical Horticulture 48:161-163

- Gómez, B. M.; Aira, M.; Lores, M. and Domínguez, J. 2011. Changes in microbial community structure and function during vermicomposting of pig slurry. *Bio. Technol.* 102(5):4171- 4178
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Møller I.S., and White, P. 2012. Functions of macronutrients. In P. Marschner (Ed.), *Marschner's mineral nutrition of higher plants* (3rd ed., pp. 135–189). London, Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6>
- Havlin J. y Moebius-Clune B. 2012. Chemical Properties of soil: Soil fertility and Nutrient Management. In: *Know soil, know life* (D.L. Lindbo, D.A. Kozlowski y C. Robinson, Eds.). Soil Sci. Soc. Am. EUA. pp. 69-81. DOI: 10.2136/2012.knowsoil.c4
- Calderón E., Morales-Rodríguez M., Vicencio-de la Rosa M. y Morales-de Casas M. 2014. Lodos residuales: métodos de tratamiento, estabilización y aprovechamiento. *Vidsupra* 6 (2): 61-66.
- Larson R.A. (1980) *Introduction to Floriculture*, Nueva York: Academic Press.
- Martínez M., F. 2007. Guía para el cultivo de cempazuchitl. Plántulas de Tetela S. de R.L de C.V. Cuernavaca Morelos, México 1p
- Martínez M., F. 2007. Guía para el cultivo de cempazúchitl. Plántulas de Tetela S. de R.L. de C.V. Cuernavaca, Morelos, México. 1 p.
- Martínez, R. C. G. y Quiroz, M. J. 2009. Rendimiento de materia seca y calidad nutricional de forraje en líneas de triticale de ciclo largo para las condiciones de temporal en Toluca, México, *Ciencias Agrícolas Informa* 18:15
- Marimbo C, Ortega R. 2003. Uso potencial de lodos derivados del tratamiento de

- aguas servidas en la producción de cultivos en Chile. *Revista Agronomía y Forestal U.C.* 5(20):20-23
- Medrano, E. L. y García, M. 1995. Manejo del riego de un cultivo de sustrato bajo abrigo. VI Congreso de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Barcelona, España. Pag. 282.
- Mondragón P. J., Tenorio L. P. y Vibrans H. 2009. Malezas de México. Ficha informativa *Tagetes erecta* L. [En línea] Disponible: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/tagetes-erecta/fichas/ficha.htm#1.%20Nombres> 27 de Julio de 2022
- Molina E. 2011. Análisis de sustratos agrícolas e interpretación de resultados. Centro de investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 10 p.
- 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
- Pastor S., J. N. 2000. Utilización de sustratos en viveros. *Terra Latinoamerica*. 17: 231-235.
- Ribeiro M. C. 2012. Relation and change overtime of CN-ratios throughout Swedish peatlands and in seven fertility clases. Master's Thesis in Environmental Science. Swedish University of Agricultural Sciences., 39 p.
- Rodríguez J.J.H., Mosqueda M.C.R. y Elizarraraz R.A. 2018. Análisis de biosólidos parasu uso agrícola en una hortaliza. *Jóvenes en la Ciencia* 3, 340-344.



- Rzedowski J y Rzedowski GC. 2005. Flora Fanerogámica del Valle de México. Vol. II 1ª. Edición. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN e Instituto de Biología. México D.F
- Serrano D.F.R. 2004. Selección de sustratos para la producción de hortalizas en invernaderos. Memorias IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción. Torreón, México. Pp. 44-68.
- Serrato-Cruz., M. A. 2003. Variedades comerciales y germoplasma mexicano de *Tagetes erecta* L, en Memoria de notas científicas del II Congreso Internacional de Horticultura Ornamental, México, 20 al 24 de octubre, Universidad Autónoma Chapingo, p. 244.
- Serrato-Cruz., M. A., Sánchez-Millán, J.L., Barajas-Pérez, J.S, García -Jiménez, F.A., Del Villar-Martínez, A. A., Arenas-Ocampo, M.L., Aguirre-Gómez, A. Santiago Díaz, R., Moreno-Paloalto, S. E. Barradas-Miranda, V. L. y Gómez-Villar, H. C. 2008, Carotenoides y características morfológicas en cabezuelas de muestras mexicanas de *Tagetes erecta* L. Revista Fitotecnia Mexicana. 31(3):67-72
- Schoch C. L; Ciuffo S.; Domrachev M.; Hotton C.L.; Kannan S.; Khovanskaya R.; Leipe D.; Mcveigh R.; O'Neill K.; Robbertse B.; Sharma S.; Soussov V, Sullivan J.P.; Sun L.; Turner S. y Karsch-Mizrachi I. Taxonomía de NCBI: una actualización completa sobre curación, recursos y herramientas. Base de datos (Oxford). 2020: baaaa062. PubMed: 32761142 PMC: PMC7408187
- Tejeda-Sartorius, O., Ríos-Barreto, Y., Trejo-Téllez, L. y Vaquera-Huerta, H. 2015. Caracterización de la producción y comercialización de flor de corte en

Texcoco, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 6. 1105-1118.  
10.29312/remexca.v6i5.602.

Terés, V. 2001. Relaciones aire-agua en sustratos de cultivo como base para el control de riego: metodología de laboratorio y modelización. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. Departamento de Agricultura y Pesca. pp. 46

Quesada G. 2004. Caracterización fisicoquímica de materias primas y sustratos y su efecto sobre el desarrollo de plantas de almácigos de hortalizas en ambiente protegido. Tesis de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 95 p.

Quesada G., Méndez C. 2005. Análisis fisicoquímico de materias primas y sustratos de uso potencial en almácigos de hortalizas. Agronomía tropical (CR) 35(1):01-13.

Valenzuela, O. R., C. S. Gallardo, M. S. Carponi, M. E. Aranguren, H. R. Tabares, y M. C. Barrera. 2014. Manejo de las propiedades físicas en sustratos regionales para el cultivo de plantas en contenedores. Cien. Docen. Tec. 4: 1-19.

Valenzuela, O. R. y C. S. Gallardo. 2006. Investigación en América Latina sobre los sustratos usados en floricultura y plantas ornamentales: Aspectos metodológicos y experimentales. *In*: Congreso Argentino de Floricultura. 3a Jornadas Nacionales de Floricultura. Buenos Aires, Argentina.

Vázquez, L., Viveros, I., Salome E. 2002. Cempasuchil (*Tagetes* spp.) Recursos filogenéticos ornamentales de México. Toluca, México: Universidad

Autónoma del Estado de México.

Vázquez, V. S., y Vázquez, C. S. 2007. Cultivos poblanos y sus opciones de industrialización. Cuba: Editorial Universitaria.

Villaseñor J.L., Maeda P., Colín-López J.J. y Ortiz E. 2005. Estimación de la riqueza de especies de Asteraceae mediante extrapolación a partir de datos de presencia-ausencia. Boletín de la Sociedad Botánica de México 76:5-18

Villaseñor Ríos, J. L. y F. J. Espinosa García. 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario y Fondo de Cultura Económica, México, D.F.

Williamson, W. M., L. G. Greenfield and M. H. Beare. 2000, Biodégradation assessment of woolscour sludge and fellmongery sludge. Journal Environ. Quai. 29: 1998-2005. University of Canterbury, New Zealand

Zamarrón, I. 2021. FORBES México. Obtenido de Xochimilco espera venta de 100 mdp por flor de cempasuchil: <https://www.forbes.com.mx/negocios-xochimilco-espera-venta-de-100-mdp-por-flor-de-cempasuchil/> 28 de Julio 2022

Zhu, J. 2001. Plant salt tolerance. Trends Plant Science, 6: 66-71.

## ANEXOS



**Ilustración 1.** Mezclas de sustratos



**Ilustración 2.** Plántulas de cempaxúchitl



**Ilustración 3** Medición de la variable diámetro de tallo



**Ilustración 4** Tratamientos establecidos de las diferentes mezclas de sustratos





**Ilustración 5** Medición de altura de planta



**Ilustración 6** Medición de diámetro de capitulo cabezuela



**Ilustración 7.** Del lado derecho se muestra el número de flores en el tratamiento tradicional y del lado izquierdo se muestra maceta con mezcla de 12.5 de lodo residual



**Ilustración 8.** Del lado izquierdo se muestra el número de flores en el tratamiento tradicional y del lado derecho se muestra maceta con mezcla de 12.5 de lodo residual