

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



Efecto de la edad de la planta sobre la acumulación de materia seca
de *Amaranthus palmeri*

Por:

LESSLY DANIELA CORPUS SALAS

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el título de:

INGENIERO AGRONÓMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, diciembre del 2025.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Efecto de la edad de la planta sobre la acumulación de materia
seca de *Amaranthus palmeri*

POR:

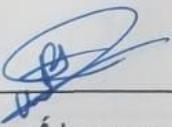
LESSLY DANIELA CORPUS SALAS

TESIS

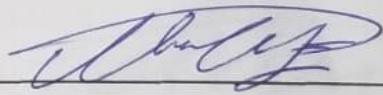
Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como
Requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Aprobada por:



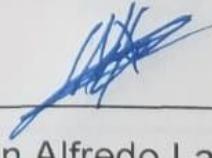
Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez
Director



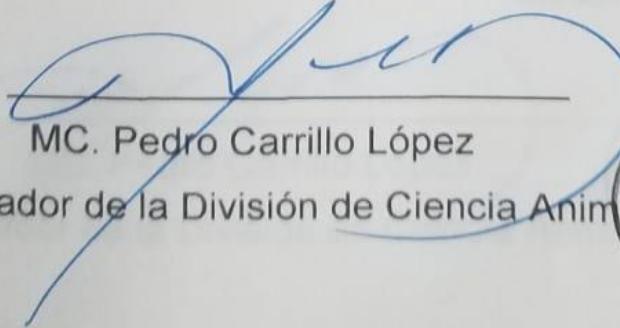
Dr. José Javier Ochoa Espinoza
Asesor



Dr. Armando Hernández Pérez
Asesor



MC. Juan Alfredo Laureano Ortiz
Asesor



MC. Pedro Carrillo López
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Diciembre del 2025.

DECLARATORIA DE NO PLAGIO

Saltillo, Coahuila, diciembre de 2025.

DECLARO QUE:

El trabajo de investigación titulado **“Efecto de la edad de la planta sobre la acumulación de materia seca de *Amaranthus palmeri*”** es una producción personal, donde no se ha copiado, replicado, utilizado ideas, citas integrales e ilustraciones diversas, obtenidas de cualquier tesis, obra intelectual, artículo, memoria, (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor.

En este sentido, lo anterior puede ser confirmado por el lector, estando consciente de que en caso de comprobarse plagio en el texto o no se respetaron los derechos de autor; esto será objeto de sanciones del Comité Editorial y/o legales a las que haya lugar; quedando, por tanto, anulado el presente documento académico sin derecho a la aprobación de este, ni a un nuevo envío.

LESSLY D. CORPUS SALAS

Nombre



Firma

AGRADECIMIENTOS

MI MADRE

Irma, quien me apoyó a lo largo de mi carrera y a lo largo de mi vida, nutriéndome y cuidándome mientras me desarrollaba como un pequeño retoño nacido de ella. No habría podido llegar hasta donde estoy sin su ayuda y su amor incondicional.

Ser una madre a tiempo completo es uno de los trabajos mejor pagados, ya que el salario es puro amor.

Mildred B. Vermont.

MIS ABUELOS

Daniel y Ernestina (QEPD), quienes me criaron, educaron y sobre todo, amaron a lo largo de toda mi vida. Forjaron mis valores, mis creencias, mis principios y todo lo mejor de mi persona. Espero estar en el camino indicado para hacerlos sentir orgullosos.

Los abuelos te ven crecer, sabiendo que te dejarán antes que los demás. Tal vez sea por eso que te aman más que cualquier otra persona en el mundo.

Anónimo.

DR. PERPETUO ÁLVAREZ VÁZQUEZ

Durante la carrera, fue un gran maestro, educando más allá de la enseñanza académica, fomentando un genuino interés y utilidad práctica en su campo. Fomentó siempre el que fuera curiosa e inquisitiva, alimentando mi deseo de experimentar y descubrir cosas nuevas, contribuyendo a materializar este proyecto.

Creo que un gran maestro es un gran artista y hay tan pocos como hay grandes artistas. La enseñanza puede ser el más grande de los artes ya que el medio es la mente y espíritu humanos.

*John
Steinbeck.*

JOSUÉ IVÁN GONZÁLEZ PULIDO

Un agradecimiento muy especial a mi pareja y también futuro ingeniero agrónomo zootecnista, por aportar la idea en la que se fundamentó este proyecto de tesis. Tienes una brillantez muy peculiar, que me ayuda a ver más allá de lo que normalmente podría y eres una fuente de apoyo, si bien muy a tu manera, pero siempre sincero. No tengo dudas que llegarás muy lejos y me habrás ayudado a hacerlo también.

*Hay una palabra en alemán "Lebenslangerschicksalssch
hatz" y la traducción más cercana sería algo como "Eterno tesoro del destino".*

Klaus (How I Met Your Mother).

YADE VARGAS BELTRÁN

Gracias a la persona más especial que conocí en el proceso de esta carrera. No sabes cuántas veces sentí que no lo iba a lograr, pero siempre estabas ahí para darme los ánimos que necesitaba para levantarme y seguir. Estoy convencida que no habría llegado hasta aquí, ni sería la persona que soy ahora de no haber sido porque te tenía cerca, así que este logro también es para ti. Muchas gracias por cambiar mi vida y hacerla mejor.

No hay nada en esta tierra más valioso que ser agraciado con una amistad verdadera.

*Santo Tomás
De Aquino.*

AL RESTO DE MIS AMISTADES

Tanto los que hice durante la carrera, como amistades externas. Han sido una segunda familia para mí, encontrando en ustedes un nuevo sentimiento de hogar. Mientras nos llevemos en el corazón, sé que estaremos unidos y siempre tendremos a alguien que nos reciba en algún lugar del mundo.

La amistad no es algo que se aprenda en la escuela. Pero si no aprendes el significado de la amistad, realmente no has aprendido nada.

*Muhammad
Ali.*

AL RESTO DE MI FAMILIA

Por nutrirme y alentarme siempre, contribuir a formar mi personalidad y mis modos y darme sus mejores consejos para hacerme una mejor persona. Enriquecen mi existencia con la de ustedes, no podría haber pedido una mejor familia.

En la vida familiar, el amor es el aceite que alivia la fricción, el cemento que une y la música que trae la armonía.

*Friedrich
Nietzsche*

DEDICATORIA

A MI FAMILIA, AMIGOS, EDUCADORES Y TODOS MIS SERES AMADOS

En este proyecto se encuentra una parte de cada uno de ustedes. Es un logro también suyo y espero que puedan verlo reflejado en lo escrito y en todo el trayecto que me llevó hasta aquí. Estoy infinitamente agradecida con todos ustedes.

PARA MÍ MISMA.

Esto no es solo una tesis, sino la consumación de un sueño que una vez pareció tan lejano e incluso imposible. Contra todos los obstáculos y los temores, finalmente se logró. Ahora, a ir por la siguiente meta.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. OBJETIVOS.....	5
2.1 Objetivo general	5
2.2 Objetivos específicos.....	5
2.3 Hipótesis.....	5
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
3.1 Descripción de <i>Amaranthus palmeri</i>	6
3.1.1 Origen	6
3.1.2 Taxonomía de <i>Amaranthus palmeri</i> S. Watson	7
3.1.3 Descripción agronómica <i>Amaranthus spp.</i>	7
3.1.4 Plagas que afectan el cultivo <i>Amaranthus spp.</i>	10
3.1.5 Morfología de <i>Amaranthus palmeri</i>	11
3.1.6 Adaptabilidad de <i>Amaranthus palmeri</i>	13
3.2 Factores que afectan la acumulación de materia seca	14
3.2.1 Radiación solar.....	14
3.2.2 Temperatura.....	14
3.2.3 Humedad.....	15
3.2.4 Suelos	15
3.2.5 Índice de área foliar	15
3.2.6 Meristemos de crecimiento	16
3.2.7 Reserva de carbohidratos.....	17
3.2.8 Frecuencia e intensidad de cosecha.....	17
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	18
4.1 Descripción del área experimental	18
4.2 Condiciones climáticas durante el experimento	18
4.3 Manejo de las unidades experimentales	19
4.4 Tratamientos y diseño experimental.....	20

4.5 Variables evaluadas	20
4.5.1 Rendimiento de forraje y componentes morfológicos.....	20
4.5.3 Relación: hoja/tallo	21
4.5.4 Altura de la planta	21
4.5.5 Peso de tallo individual y hoja por tallo	21
4.5.6 Relación parte aérea-raíz.....	22
4.5.7 Numero de hojas	22
3.5.8 Diametro de tallos	23
4.5.9 Longitud de raíz.....	23
4.5.10 Índice de área foliar.....	23
4.6 Análisis estadístico.....	23
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
5.1 Producción de materia seca.....	25
5.2 Composición morfológica.....	26
5.3 Peso de hoja, peso de tallo y la relación:hoja/tallo	29
5.4 Altura de la planta	32
5.5 Número de hojas	34
5.6 Diámetro de tallos	35
5.7 Largo de raíz	36
5.8 Índice de área foliar.....	37
VI. CONCLUSIONES	39
VII. LITERATURA CITADA	40
VIII. ANEXOS	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes morfológicos de <i>Amaranthus palmeri</i>	12
Figura 2. Datos semanales de la temperatura máxima, mínima y precipitación acumuladas	19
Figura 3. Componentes morfológicos, analizados en <i>Amaranthus palmeri</i> , para tratamientos 1 y 2 comparados	25
Figura 4. Componentes morfológicos, analizados en <i>Amaranthus palmeri</i> , para tierra típica de la región (tratamiento 1)	27
Figura 5. Componentes morfológicos, analizados en <i>Amaranthus palmeri</i> , para sustrato (tratamiento 2).	28
Figura 6. Peso seco de la hoja (g MS hoja ⁻¹) de <i>Amaranthus palmeri</i>	30
Figura 7. Peso seco del tallo (g MS tallo-1) de <i>Amaranthus Palmeri</i>	31
Figura 8. Relación hoja-tallo (R:H/T) de <i>Amaranthus palmeri</i>	32
Figura 9. Altura de la planta (cm) de <i>Amaranthus Palmeri</i>	33
Figura 10. Número de hojas en <i>Amaranthus palmeri</i>	34
Figura 11. Diámetro de tallos (mm) en <i>Amaranthus palmeri</i>	35
Figura 12. Largo de raíz (cm) en <i>Amaranthus palmeri</i>	37
Figura 13. Índice de área foliar (cm) en <i>Amaranthus palmeri</i>	38

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Datos taxonómicos de <i>Amaranthus palmeri</i> S. Watson	7
Cuadro 2. Plagas que afectan el cultivo <i>Amaranthus spp</i>	10
Cuadro 3. Componentes morfológicos, analizados en <i>Amaranthus palmeri</i> , para tratamientos 1 y 2 comparados	43
Cuadro 4. Componentes morfológicos, de <i>Amaranthus palmeri</i> S. Watson, en tierra típica de la región	44
Cuadro 5. Componentes morfológicos, analizados en <i>Amaranthus palmeri</i> , para sustrato	45
Cuadro 6. Relación hoja-tallo en <i>Amaranthus palmeri</i>	46
Cuadro 7. Peso seco de la hoja (g MS hoja ⁻¹) y peso seco del tallo (g MS tallo ⁻¹) de <i>Amaranthus palmeri</i>	47
Cuadro 8. Altura de planta (cm) en <i>Amaranthus palmeri</i>	48
Cuadro 9. Número de hojas en <i>Amaranthus palmeri</i>	49
Cuadro 10. Diámetro de tallos (mm) en <i>Amaranthus palmeri</i>	50
Cuadro 11. Largo de raíz (cm) en <i>Amaranthus palmeri</i>	51
Cuadro 12. Área foliar (cm) en <i>Amaranthus palmeri</i>	52

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el crecimiento de *Amaranthus palmeri* S. Watson, Días Despues del Transplante (DDT) en la estación de primavera, usando un diseño experimental de bloques completamente al azar, con nueve repeticiones. Las variables evaluadas fueron; Rendimiento de Materia Seca (RMS), Composición Morfológica (CM), Altura de Planta (AP), Relación Hoja:Tallo (R:H/T) y Densidad de Tallos (DT). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA), con el PROC GLM de SAS, y una comparación de medias Tukey al 5 % de probabilidad. A los 95 DDT se observó la mayor producción del RMS con un promedio de 8.3 g planta-1, en comparación a los demás DDT, que mostraron menor producción de forraje. En el promedio del componente morfológico en porcentaje, se encontraron diferencias, donde la raíz tuvo la mayor aportación con un promedio de 39.5 %, seguida por la hoja con 28.1 %, tallo con 25.9 % e inflorescencia con 6.5 % en todo el estudio. La raíz y hoja alcanzaron un total de 3.2 y 1.8 g planta-1, registrando la mayor producción de materia seca, mientras que, la menor la inflorescencia con 0.4 g planta-1. En la R:H/T se obtuvo un mayor valor el DDT 25, con 2.62. Por su parte, la altura mayor de planta se registró al final del estudio, incrementando consistentemente a lo largo de la duración total del estudio, con promedio de 35.3 cm en el DDT 95; por el contrario, la menor altura se mostró a los 14 DDT con 5.2 cm. En conclusión, la mayor acumulación de materia seca se presentó a los 88 días después del transplante, donde la hoja fue de mayor aporte en la parte aérea y la raíz de la acumulación total.

Palabras clave: *Amaranthus spp.*, *Amaranthus palmeri*, acumulación de materia seca, análisis de crecimiento, días después transplante, composición morfológica.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the growth of *Amaranthus palmeri* S. Watson, Days After Transplanting (DAT) in the spring season, using a completely randomized block design with nine replicates. The variables evaluated were: Dry Matter Yield (DMY), Morphological Composition (MC), Plant Height (PH), Leaf:Stem Ratio (LR:H/S), and Stem Density (SD). An analysis of variance (ANOVA) was performed using the PROC GLM tool in SAS, and a Tukey's test was used for mean comparisons at a 5% probability level. At 95 DAT, the highest DMY production was observed, with an average of 8.3 g plant⁻¹, compared to the other DATs, which showed lower forage production. In the average percentage of the morphological component, differences were found, with the root contributing the most at an average of 39.5%, followed by the leaf at 28.1%, the stem at 25.9%, and the inflorescence at 6.5% throughout the study. The root and leaf reached a total of 3.2 and 1.8 g plant⁻¹, respectively, registering the highest dry matter production, while the inflorescence had the lowest at 0.4 g plant⁻¹. The highest R:H/T ratio was obtained at 25 days after transplanting (DAT), at 2.62. The greatest plant height was recorded at the end of the study, increasing consistently throughout its duration, with an average of 35.3 cm at 95 DAT; conversely, the lowest height was observed at 14 DAT, at 5.2 cm. In conclusion, the greatest accumulation of dry matter occurred 88 days after transplanting, with the leaf contributing the most to the aerial part and the root contributing the most to the total accumulation.

Keywords: *Amaranthus spp.*, *Amaranthus palmeri*, dry matter accumulation, growth analysis, days after transplant, morphological composition.

I. INTRODUCCIÓN

En México el nombre de quelite se deriva del término náhuatl quilitl el cual ha sido interpretado como “hierba comestible”. Los quelites mexicanos identificados y analizados ascienden a un aproximado de 250 especies pertenecientes a diferentes familias botánicas, distribuidos en todo el país, siendo en las zonas rurales donde se encuentra la mayor biodiversidad asociada a cultivos como el maíz, fríjol y calabaza. Son usados principalmente para consumo por numerosos grupos étnicos provenientes de Chihuahua, la Huasteca Potosina, Sierra Juárez de Oaxaca, Sierra Norte de Puebla, Chiapas, Tabasco, entre otras comunidades de la República Mexicana (Santiago-Saenz *et al.*, 2019).

El quintonil (*Amaranthus spp.*), el quelite cenizo (*Chenopodium berlandieri L.*) y la verdolaga (*Portulaca oleracea L.*) son tres de las plantas más ampliamente distribuidas y consumidas entre la población mexicana, esto se debe a un mayor volumen del producto (consideradas como malezas) obtenido; por lo tanto, se ofertan en un gran número de mercados locales, y su inclusión como ingrediente es considerado en una amplia variedad de platillos para consumo como verdura. Entre las especies de plantas mexicanas pertenecientes al género *Amaranthus spp.* se encuentran *Amaranthus cruentus L.*, *Amaranthus hypochondriacus L.*, *Amaranthus hybridus L.* y *Amaranthus palmeri*. Estos quelites son considerados como las malezas más comunes en México (Santiago-Saenz *et al.*, 2019).

Amaranthus palmeri S. Watson (quintonil tropical) es una hierba anual nativa de Norteamérica que taxonómicamente ha sido clasificada dentro del subgénero *Acnida*, junto con el resto de los amarantos dioicos. Distintos estudios genéticos y morfológicos proporcionan evidencias que la ubican cercanamente relacionada a la especie monoica *Amaranthus spinosus L.* (quintonil espinoso), con el que además hibrida frecuentemente. *Amaranthus palmeri* ha tenido una larga relación con el ser humano, muchas tribus norteamericanas como los Mojave, Chemehuevi y Papago de Arizona, los Cocopa de Sonora, los Tarahumara de Chihuahua, entre otros, la consumían como

verdura o como grano y recientemente, la especie ha cobrado relevancia al ser considerada una maleza que afecta la productividad de campos agrícolas (Sánchez-Del Pino *et. al.*, 2019).

No obstante, debido a la falta de estudios previos sobre su utilización como planta forrajera, en el presente trabajo se busca caracterizar la especie *Amaranthus palmeri*, bajo las condiciones del noreste de Coahuila, en la estación de primavera, con los siguientes objetivos.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Evaluar el comportamiento productivo de *Amaranthus palmeri* S. Watson, en condiciones semicontroladas de invernadero, de los 14 a los 95 días después del transplante, con 2 tratamientos: tierra típica de la región y sustrato de invernadero.

2.2 Objetivos específicos

- Estimar el rendimiento de forraje y composición morfológica de *Amaranthus palmeri* para determinar el punto máximo de acumulación de materia seca y sus componentes.
- Analizar la altura de planta, relación: hoja/tallo, densidad de tallos y relación raíz parte aérea de *Amaranthus palmeri* en condiciones semi-controladas de invernadero, en el sureste de Coahuila, México.

2.3 Hipótesis

- A medida que transcurren los días después del transplante (DDT), el componente morfológico hoja tendrá un impacto significativamente mayor en el rendimiento de materia seca en comparación con otros componentes morfológicos de la planta.
- A mayor edad de la planta, existe una correlación inversamente proporcional entre la contribución del componente morfológico hoja y el desarrollo del tallo; a medida que la planta madura, la contribución de la hoja disminuye, mientras que el desarrollo del tallo aumenta.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Descripción de *Amaranthus palmeri*

3.1.1 Origen

En México se consumen aproximadamente 500 especies de quelites, las cuales han sido seleccionadas por las tradiciones locales de los distintos pueblos y regiones de los 32 estados de la República Mexicana. Dentro de una clasificación más estricta, en las que se consideran únicamente las hojas tiernas comestibles, se utilizan 358 especies, todas restringidas a las angiospermas y distribuidas en 25 superórdenes, 60 órdenes y 176 géneros. Son usados principalmente para consumo por numerosos grupos étnicos provenientes de Chihuahua, la Huasteca Potosina, Sierra Juárez de Oaxaca, Sierra Norte de Puebla, Chiapas, Tabasco, entre otras comunidades de la República Mexicana. En estas localidades las estructuras vegetales incorporadas a los platillos comprenden las hojas y tallos, los cuales son consumidos en forma cruda, cocida o ligeramente frita, y se combinan con tacos, quesadillas, o sopas. También pueden ser incluidos como condimentos o con propósitos medicinales; sin embargo, hay que señalar que el estadío de desarrollo de los quelites es importante en la forma de preparación (Santiago-Saenz *et al.*, 2019).

Amaranthus spp. (quintonil) es nativa de América, específicamente de México. Es productora de alimento con excelente calidad nutritiva y es consumido (como alimento humano) crudo, hervido, frito o al vapor, en ciertas zonas del país. Algunos reportes en la literatura destacan al quintonil por su contenido balanceado de aminoácidos y por contener compuestos bioactivos como clorofila, compuestos fenólicos y ácidos grasos poliinsaturados (PUFA). Son pocos los estudios que se han realizado en México para demostrar la funcionalidad del quintonil y de esta manera promover su consumo (López-García *et al.*, 2018). Los aztecas consumían cerca de 150 variedades del género. Sin embargo, actualmente sobreviven tan solo 40, ya que no se le ha dado la debida importancia a su cultivo. Entre las especies similares que se conocen actualmente destacan el quelite cenizo, el epazote, las verdolagas, el

huazontle, etc. (Osegueda, 2025). Se distribuye en todo el continente americano, en México específicamente su distribución se ha registrado en Aguascalientes, Baja California Norte, Baja California Sur, Campeche, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán y Zacatecas (CONABIO, 2009).

3.1.2 Taxonomía de *Amaranthus palmeri* S. Watson

En el Cuadro 1, se presentan los datos taxonómicos de la especie *Amaranthus palmeri* S. Watson perteneciente al género *Amaranthus*.

Cuadro 1. Datos taxonómicos de *Amaranthus palmeri* S. Watson

Nombre científico	<i>Amaranthus palmeri</i> S. Watson
Nombre común	Quintonil Tropical
Reino	<i>Plantae</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Caryophyllidae</i>
Familia	<i>Amaranthaceae</i>
Género	<i>Amaranthus</i>
Especie	<i>Palmeri</i>

Fuente: (CONABIO, 2009)

3.1.3 Descripción agronómica *Amaranthus spp.*

Dentro del género *Amaranthus*, se tiene al quintonil (*Amaranthus hybridus*), que crece como maleza y es utilizado como alimento humano y, en raras ocasiones, para animales. Es una planta anual de verano que se reproduce por medio de semillas. Su ciclo lo lleva a cabo entre marzo y diciembre, se encuentra en estado vegetativo de marzo a septiembre, florece de mayo a octubre y fructifica de julio a diciembre. La época desfavorable la pasa en forma de semilla. Se ha registrado su presencia como

maleza en cultivos como aguacate, alfalfa, algodón, arroz, avena, cacahuate, café, calabaza, caña, cebada, cártamo, cebolla, chile, cítricos, col, estropajo, fríjol, frutales, garbanzo, girasol, haba, hortalizas, jitomate, linaza, maíz, mango, manzana, nardo, nopal, okra, papa, potreros, pradera, soya, trigo, tomate, uva, etc. (CONABIO, 2009).

No obstante, *Amaranthus palmeri* puede sustituir a *Amaranthus hybridus* en el trópico seco, pero ambas especies pueden también presentarse juntas. Su hábitat es ruderalf, en terrenos baldíos, bordes de canales de riego y drenaje, orillas de caminos y potreros. Se ha registrado en alfalfa, ajonjolí, algodón, arroz, cacahuate, caña, cártamo, chile, cítricos, estropajo, fríjol, frutales, girasol, leguminosas forrajeras, maíz, mango, manzana, melón, nardo, nogal, papaya, pepino, plátano, sandía, soya, trigo, tomate y uva. Es comestible y también se utiliza como forraje, a pesar de que puede ocasionar daños al ganado cuando su contenido de nitratos es alto (CONABIO, 2009).

Es una planta dicotiledónea no gramínea que produce semillas tipo granos, por lo que se le ha denominado como un pseudocereal; sus semillas contienen niveles elevados de proteínas y del aminoácido lisina, generalmente deficiente en otros cereales. El interés por este cultivo a nivel mundial, como fuente de grano y verdura, ha ido gradualmente en aumento ya que además de su alto contenido nutricional, posee múltiples características agronómicas deseables como una alta tolerancia a suelos pobres y salinos, climas semiáridos y condiciones desfavorables del medio ambiente, así como la producción de grandes volúmenes de biomasa (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, 2017).

La producción de *Amaranthus spp.* como monocultivo es relativamente reciente, de unos cinco años a la fecha, en el norte de Puebla donde se ha documentado esta práctica en los municipios de Jonotla y Tuzamapán. La tecnología agrícola para este propósito ha sido desarrollada íntegramente por los agricultores interesados, quienes ante la demanda de quintoniles comenzaron a experimentar a fin de producirlos en varias temporadas del año y sin depender de la presencia de otros cultivos, como milpas o chilares y se ha llegado incluso a sembrarlos bajo invernaderos rústicos (Mapes-Sánchez *et al.*, 2012).

De acuerdo con, Mapes-Sánchez *et al.* (2012) en entrevista con productores, pudieron constatar que la especie se desarrolla en bancos o camellones de unos 80 cm de ancho por unos 20 cm de alto y de hasta unos 5 a 10 m de largo de tierra mezclada con compost de pulpa de café (o de otros restos agrícolas); para la siembra, la semilla se mezcla con “abono” (composta de pulpa de café) o tierra seca y suelta, para que se distribuya mejor en el terreno y los quintoniles no germinen en demasía (“no nazca tupido”); para un tramo de unos 4 metros se utilizó un medio puñado de semilla mezclada en aproximadamente un litro de ‘abono’; esta mezcla se esparce al voleo en todo el camellón. La siembra puede hacerse prácticamente en cualquier momento del año, aunque en invierno la planta tarda más en desarrollarse.

Es importante que luego de la germinación y durante las primeras semanas de desarrollo de las plántulas no les falte agua, regándolas cuando sea necesario pues, si sufren de estrés hídrico, pueden iniciar la floración de manera muy temprana, con lo que se malogra el cultivo, pues cuando el quintonil inicia la floración, cambia su sabor y textura. Luego de la siembra se desyerba manualmente a los 15-20 días, y al mes puede hacerse una primera cosecha, arrancando plántulas de raíz para hacer un aclareo en donde la germinación fue muy densa, y trozando otras para permitir que retoñen en donde las plantitas crecen más espaciadas. Los retoños pueden cortarse cada quince días y los desyerbes se hacen cada mes; pueden hacerse hasta unos 5 cortes de retoños en los tres meses que tarda la cosecha, antes de que las plantas inicien la floración. Si no llueve es importante regar los camellones para evitar que la falta de agua propicie la formación de las espigas (Mapes-Sánchez *et al.*, 2012).

La semilla para la siembra se obtiene de las plantas que se dejan llegar a madurez reproductiva, ya sea en los mismos camellones o de agroecosistemas vecinos como cafetales, chilares o plantíos de jitomate; cuando la semilla madura se corta la panoja que se lleva a la casa para dejarla secar antes de separar la semilla. Para limpiar la semilla las espigas son golpeadas y sacudidas dentro de un costal de rafia, luego de lo cual se deposita el contenido sobre una pieza de polietileno (“un nailon”) y se van retirando los pedazos de panoja más grandes y concentrando la

semilla que finalmente es limpiada con ayuda del viento y un arnero. No hay propiamente selección de la semilla y más bien se procura cosechar las panojas de plantas grandes y bien desarrolladas; el desarrollo de las plantas hasta tener semilla madura puede tardar hasta unos 5 o 6 meses (Mapes-Sánchez *et al.*, 2012).

3.1.4 Plagas que afectan el cultivo *Amaranthus spp*

La planta del quintonil (*Amaranthus spp*), puede ser hospedera alterna del nematodo *Meloidogyne spp.*, del hongo *Rhizoctonia sp.* que afecta a los cultivos de algodón y ajonjolí, de los áfidos *Acyrtosiphon sp.*, *Aphis citricola*, *A. gossypii*, *A. nerii*, *Mizus persicae* y *Rhopalosiphum maidis* y del virus del mosaico en tabaco (CONABIO, 2009). Por ser un cultivo poco promocionado, no se conoce mucho sobre los problemas de plagas y enfermedades, sin embargo en cuanto a plagas se han identificado a las siguientes:

Cuadro 2. Plagas que afectan el cultivo *Amaranthus spp*

Nombre común	Nombre científico
Nemátodos	<i>Meloidogyne spp.</i>
Hongo “Damping Off”	<i>Rhizoctonia sp.</i>
Áfidos	<i>Acyrtosiphon sp.</i> , <i>Aphis citricola</i> , <i>A. gossypii</i> , <i>A. nerii</i> , <i>Myzus persicae</i>
Pulgón del Maíz	<i>Rhopalosiphum maidis</i>
Virus del Mosaico del Tabaco	<i>Tobamovirus</i>
Gusanos Cortadores o Trozadores	<i>Agrotis spp.</i>
Gustanos Cortadores	<i>Feltia spp.</i>
Vauitas o Tortuguitas	<i>Diabrotica spp.</i>
Pulguillas	<i>Epitrix spp.</i>
Pulgones	<i>Myzus spp.</i>
Chinches	<i>Lygus spp.</i>

Fuentes: Nieto-Cabrera, (1989); Rzedowski y Rzedowski, (2001).

3.1.5 Morfología de *Amaranthus palmeri*

En seguida se hace una pequeña descripción de las partes morfológicas que conforman a la planta *Amaranthus palmeri* y en la Figura 2, se ejemplificarán dichos componentes. Es una planta dioica, anual o a veces perenne, erecta, glabra, de hasta de 1.5 (incluso hasta 3) m de alto. Tallo con rayas longitudinales, verde a amarillo, café o rojizo, con frecuencia profusamente ramificados desde la base. Hojas alternas, láminas foliares rómbicas, ovadas a rómbico-lanceoladas, de 1.5 a 10 (hasta 17) cm de largo por 1 a 4 (hasta 8) cm de ancho; ápice agudo a acumulado con una espina fina en la punta; base redondeada a cuneada; nervación prominente en el envés, a veces algo pubescente; pecíolos delgados, de 1 a 5 (hasta 10) cm de largo (CONABIO, 2009).

Inflorescencias unisexuales, en forma de espigas terminales densas, erectas o más o menos flexuosas o arqueadas, de 8 a 30 cm de largo y 0.7 a 1.5 cm de diámetro, así como en forma de glomérulos axilares, brácteas más largas que las flores, ovadas a lineares o angostamente triangulares, espinosas en la punta. Flores poco vistosas; las masculinas con 5 tépalos angostamente triangulares, con punta rígida, desiguales, los externos de 2.5 a 4 (hasta 5) mm de largo, los internos de 2 a 3 (hasta 4) mm de largo; flores femeninas con 5 tépalos estrecha o ampliamente espesados, carinado, terminan en punta aguda y rígida con una extensión del nervio medio, a veces teñidos con rojo, desiguales, los externos de 2.5 a 4 (hasta 5) mm de largo, los internos de 2 a 3 (hasta 4) mm de largo; estigmas 2 o en ocasiones 3. Fruto subgloboso, rugoso, se abre transversalmente, de 1.5 mm de longitud; semilla lenticular, algo alargada, de 1 a 1.4 mm de diámetro, de color café-rojizo oscuro, brillante. Raíz pivotante (CONABIO, 2009).

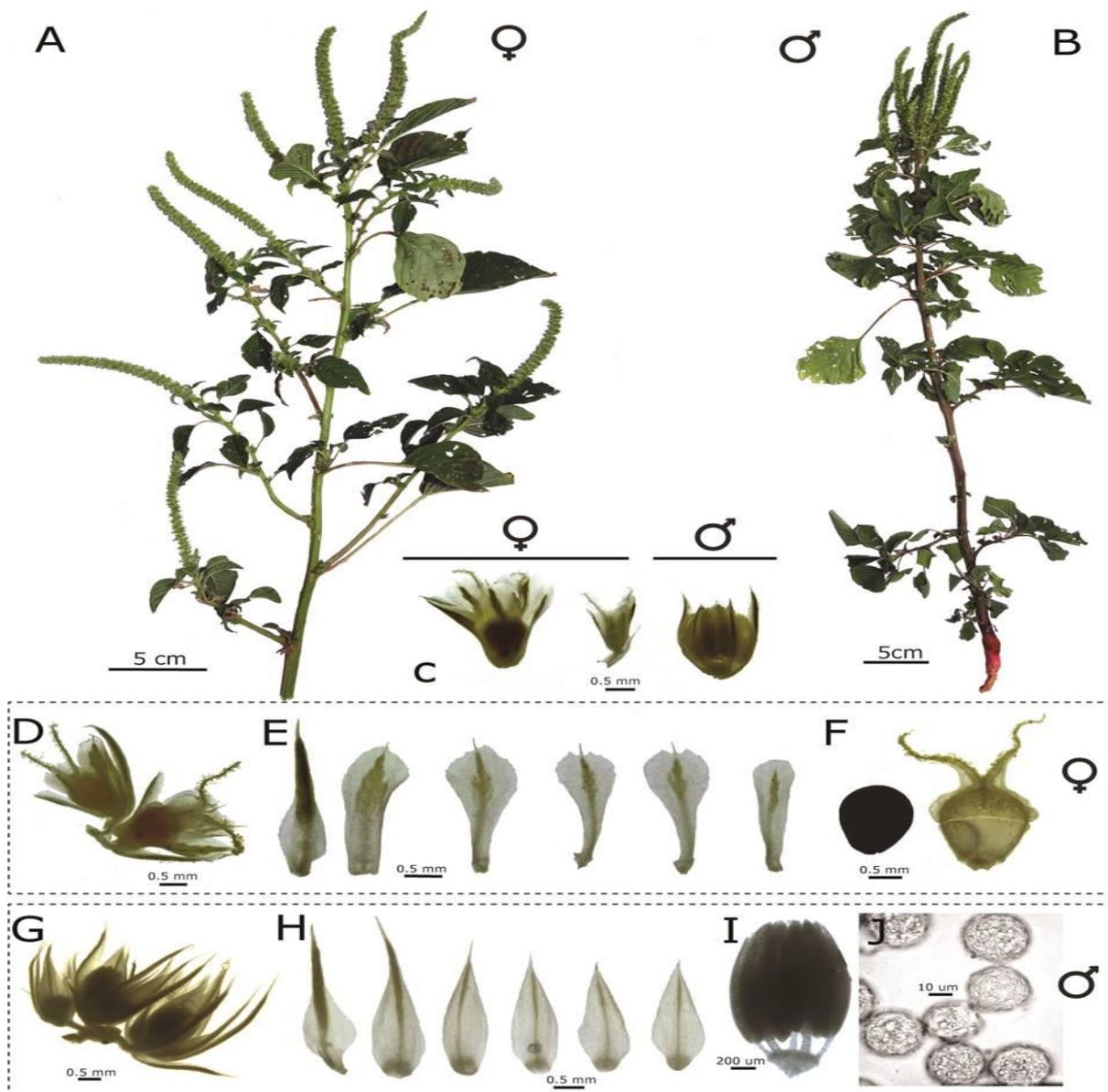


Figura 1. Componentes morfológicos de *Amaranthus palmeri*: A. Planta femenina de *A. palmeri*. B. Planta masculina de *A. palmeri*. C. Flores femeninas y masculinas. Fruto, flor femenina juvenil y flor masculina (de izquierda a derecha). D-F. Estructuras de las flores femeninas. D. Espiga con dos flores femeninas con fruto inmaduro. E. Bráctea y cinco sépalos. F. Semilla y utrículo. G-I. Estructuras de las flores masculinas. G. Espiga con flores masculinas. H. Bráctea y cinco sépalos. I. Estambres. J. Polen. (Rzedowski y Rzedowski, 2001).

3.1.6 Adaptabilidad de *Amaranthus palmeri*

Amaranthus spp. es una planta herbácea, que puede prevalecer en praderas y pastizales. Los quelites son capaces de adaptarse a climas secos, donde el agua y los nutrientes escasean y donde su producción no requiere el uso de fertilizantes o riego frecuente. De esta manera, al considerarse plantas tolerantes a condiciones adversas, sugieren que la sequía, salinidad y demás factores han sido una ventaja para esta variedad de especies vegetales, promoviendo mecanismos de protección frente al estrés; observándose en la acumulación de aminoácidos, síntesis de compuestos fenólicos y polisacáridos, por mencionar algunos, y otorgándoles capacidades antioxidantes y perfiles nutrimentales excelentes (Santiago-Saenz *et al.*, 2019). El rango de adaptación para el amaranto va desde el nivel del mar hasta los 2.800 m de altitud. En general, todas las especies prosperan muy bien en ambientes con alta luminosidad (Nieto-Cabrera, 1989).

Las especies del género *Amaranthus* tienen una amplia distribución. De esta manera tenemos que éste ha sido cultivado en ambientes que van desde los tropicales, hasta los semiáridos. Aún cuando el amaranto ha sido cultivado tradicionalmente en regiones comprendidas entre el ecuador y 30º de latitud puede ser cultivado en latitudes mayores, si se utilizan materiales que puedan florecer, aún cuando no cuenten con el fotoperíodo de los trópicos. La densidad estomatal en algunas especies es del 70 % de la superficie epidérmica abaxial; poseen la anatomía tipo Kranz típica de las plantas con la ruta fotosintética C4. El tallo de amaranto se caracteriza por un engrosamiento secundario irregular en el que el floema está presente dentro del xilema secundario. En la raíz también se presenta el engrosamiento irregular, la cual puede alcanzar 2.4 me de profundidad y extenderse hasta 1.8 m, esto explica la gran capacidad de restauración que tiene el amaranto después de un riego de recuperación (Espitia-Rangel *et al.*, 2010).

Todas las especies del subgénero Acnida son nativas de Norteamérica, pero se distribuyen en otras regiones como especies introducidas, algunas veces invasoras. La distribución de *Amaranthus palmeri* no es la excepción, aunque no fue cultivada

sistemáticamente por los nativos de su área de distribución original, es posible que el transporte de semillas o el incremento de zonas agrícolas haya desencadenado su expansión territorial. A pesar de ser una especie dioica, su ventaja de colonización radica en su rápida capacidad de crecer y proliferar en ambientes artificiales (Sánchez-Del Pino *et al.*, 2019).

3.2 Factores que afectan la acumulación de materia seca

3.2.1 Radiación solar

Muchos autores consideran que los amarantos son plantas que florecen y fructifican en condiciones de día corto (noches largas) (Nieto-Cabrera, 1989). Muchos de los amarantos son sensibles a la longitud del día. Por ejemplo, algunos materiales de *A. hypochondriacus* originarios del Sur de México no florecen en el verano en Pennsylvania; sin embargo, en invernadero y en condiciones de días cortos de invierno si maduran en forma normal. Con algunos materiales de *A. cruentus* originarios de Nigeria sucede lo contrario, ya que, en su lugar de origen permanecen por un largo período en crecimiento vegetativo y cuando son sembrados 40° Latitud Norte producen semilla en un período de tiempo muy corto. *A. caudatus* florece bajo condiciones de fotoperíodo de 8 horas. Mientras que, cuando es sometido a condiciones de iluminación continua y fotoperíodo natural (12 a 14 h) no florece. Para que *A. caudatus* pueda florecer bajo condiciones de día corto, deberá alcanzar una cierta edad o período inductivo; el cual se alcanza aproximadamente 30 días después de la germinación. Una mayor sensibilidad al fotoperíodo se expresa por la reducción en el número de hojas o reducción en la estatura de la planta debido a la reducción o al acortamiento de entrenudos y un acortamiento en la duración del ciclo (Espitia-Rangel *et al.*, 2010).

3.2.2 Temperatura

En general todas las especies de *Amaranthus* crecen mejor cuando la temperatura promedio no es inferior a 15 °C y, temperaturas de 18 a 24 °C parecen

ser las óptimas para el cultivo. A nivel experimental, se ha observado que la germinación de semillas es óptima a 35 °C. la mayor eficiencia fotosintética se produce a los 40 °C. El límite inferior de temperatura para que el cultivo cese su crecimiento parece ser 8 °C y para que sufra daños fisiológicos 4 °C es decir, el cultivo no tolera las bajas de temperatura, peor las heladas (Nieto-Cabrera, 1989).

3.2.3 Humedad

Es un cultivo que requiere de humedad adecuada en el suelo durante la germinación de las semillas y el crecimiento inicial, pero luego de que las plántulas se han establecido prosperan muy bien en ambientes con humedad limitada, de hecho hay un mejor crecimiento en ambientes secos y calientes que en ambientes con exceso de humedad. Mientras muchas especies utilizadas como verdura dan abundante producción de biomasa en ambientes con hasta 3.000 mm de precipitación por año, las especies productoras de grano pueden dar cosechas aceptables en ambientes con 300 o 400 mm de precipitación anual (Nieto-Cabrera, 1989).

3.2.4 Suelos

El género *Amaranthus*, se adapta a una amplia gama de tipos de suelo, sin embargo, las especies productoras de grano, prosperan mejor en suelos bien drenados con pH neutro o alcalino (generalmente superior a 6), no así las especies cultivadas como verdura que prefieren suelos fértilles, con abundante materia orgánica y con pH mas bajo. En general se ha demostrado que muchas especies toleran muy bien ciertos niveles de salinidad en el suelo, sin embargo hay especies como *A. tricolor* que también prosperan en suelos con altos niveles de aluminio (suelos ácidos) (Nieto-Cabrera, 1989).

3.2.5 Índice de área foliar

El índice de área foliar se define como la relación entre el área total de hojas por unidad de área de suelo (Watson, 1947). En otras palabras, representa cuántos metros cuadrados de hoja hay por cada metro cuadrado de superficie del terreno.

Introduce el concepto de índice de área foliar (LAI/IAF) como una medida fundamental para cuantificar la capacidad fotosintética de una planta o cultivo: “La producción de materia seca depende en gran medida del área foliar expuesta a la luz; sin embargo, existe un valor óptimo del índice de área foliar, a partir del cual la eficiencia fotosintética disminuye debido a la sombra mutua entre hojas.”

Chen y Black (1992) refinan la definición del IAF para diferentes tipos de follaje, destacando que el IAF es un buen predictor de la capacidad fotosintética y del rendimiento potencial, pero debe considerarse que su efecto sobre la acumulación de biomasa muestra una relación tipo saturación: al superar cierto umbral, el aumento del área foliar no implica mayor productividad debido a limitaciones de luz, respiración o competencia interna. De acuerdo a Quero y Enríquez (2013) es necesario implementar un manejo basado en períodos de descanso variables, con la finalidad de utilizar las pasturas cuando éstas hayan producido suficiente follaje, hasta que alcanza un valor de intercepción luminosa (IL) del 95%, llamada índice de área foliar crítico. Este IAF crítico sirve para determinar el momento óptimo de corte o ingreso del ganado.

3.2.6 Meristemos de crecimiento

El meristemo, es una estructura dinámica en la que continuamente se está produciendo crecimiento y división celular (Azcón-Bieto & Talón, 2013). Los meristemos se pueden clasificar por su origen, posición y la estructura que originan. Los meristemos apicales (primarios) y secundarios (axilares) presentan diferentes desarrollos y funciones en el cuerpo vegetal. A su vez, los meristemos apicales (primarios) que son desarrollados desde los tallos y de raíces, se encargan de conducir al crecimiento del cuerpo primario, (raíces, tallos y hojas) de la planta que son desarrollados durante la embriogénesis (Randall & Hake, 1997).

3.2.7 Reserva de carbohidratos

La reserva de carbohidratos junto con la cantidad de tejido y meristemos removidos al realizar el corte o pastoreo, son los que determinan cuanto tardara en recuperarse el cultivo, ya que cuando la defoliación se hace sin ningún manejo específico y es de manera agresiva, serán los carbohidratos no estructurales ubicados en la base de los tallos y raíces los que promoverán el rebrote (Volenec *et al.*, 1996). Los carbohidratos son los que proporcionaran energía a la planta para que esta pueda regenerar los tejidos removidos en la defoliación, así es como los forrajes pueden ser pastoreados en repetidas ocasiones, además de que también le proporcionan la energía necesaria cuando son están expuestas a situaciones desfavorables o favorables como sequias o inundaciones, y su crecimiento (Duthil, 1989).

3.2.8 Frecuencia e intensidad de cosecha

Parsons *et al.* (1988) trabajaron con pasturas de *Lolium perenne* y desarrollaron modelos para optimizar la interacción entre frecuencia y severidad de defoliación, analizando cómo estas afectan la recuperación del IAF, la fotosíntesis neta y la tasa de acumulación de biomasa. Korte *et al.* (1982) estudiaron cómo el índice de área foliar residual y la intercepción de luz sirven como criterios de manejo en pasturas de ryegrass, relacionando intensidad (ligera vs severa) y frecuencia (2 a 4 hojas antes del pastoreo) con rendimiento y composición del pasto.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Descripción del área experimental

El estudio fue realizado durante la estación de primavera de 2025, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, en un invernadero de baja tecnología, perteneciente al departamento de Recursos Naturales Renovables, ubicado en las coordenadas 25° 23' de Latitud Norte y 101° 00' de Longitud Oeste, a una altitud de 1,783 m. La región presenta un clima templado semiseco con un promedio de temperatura de 18 °C y una precipitación anual de 350 mm (ClimateData.org, 2021). De acuerdo con la SMA de Coahuila (Secretaría del Medio Ambiente del Estado de Coahuila, 2022), el suelo típico del lugar presenta una textura migajón arcilla- arenoso, un pH de 7.38 y un porcentaje de materia orgánica del 3.026%.

4.2 Condiciones climáticas durante el experimento

En la Figura 2, se muestran datos de las temperaturas y precipitación registrada a lo largo del periodo experimental, dichos datos se descargaron de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos de la institución RUOA-UAAA. Se puede observar una temperatura máxima de 34 °C y una mínima de 8 °C. El mes que registro mayor acumulación de precipitación fue julio con 259.8 mm, mientras que en los otros dos meses (mayo y junio) la acumulación fue menor, con 70.6 y 91 mm respectivamente.

En la gráfica se pueden apreciar los promedios graficables para cada DDT, donde se aprecia que las temperaturas se mantuvieron relativamente estables a lo

largo del experimento, mientras que la precipitación acumulada tuvo un aumento significativo hacia los DDT 74, 81 y 88.

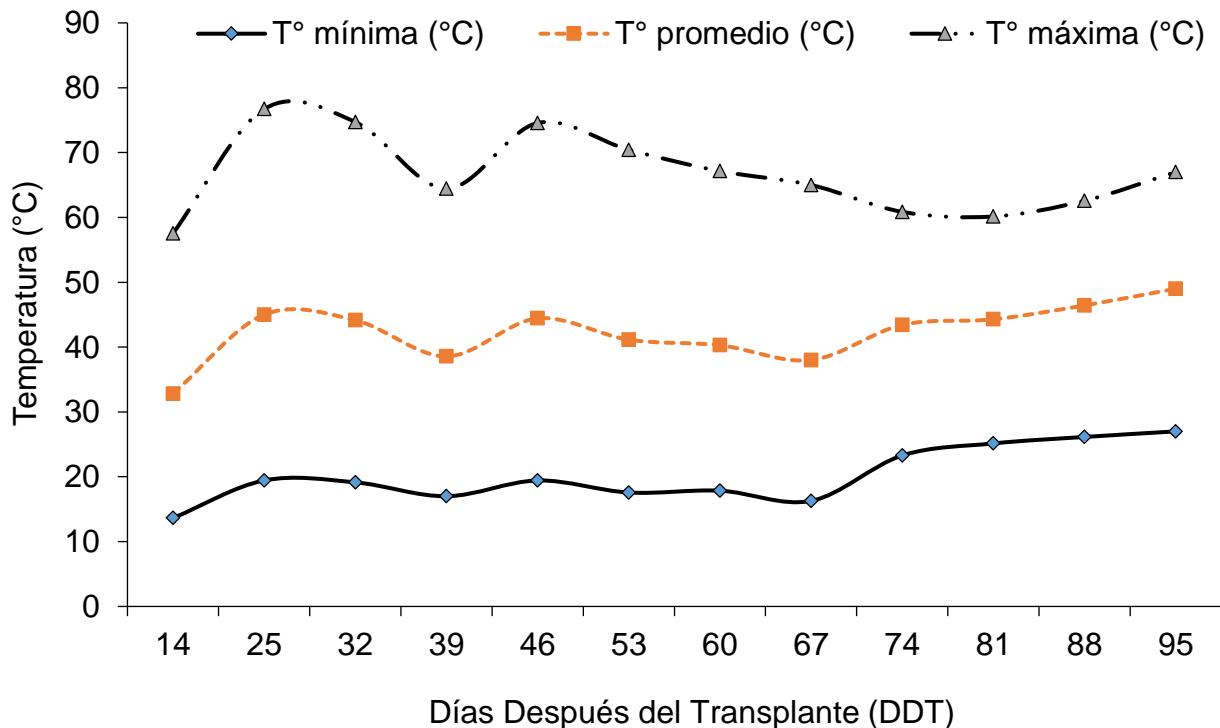


Figura 2. Datos semanales de la temperatura máxima, mínima y precipitación acumuladas durante el periodo experimental (primavera de 2025). Información obtenida de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos de la institución (RUOA, UNAM, Saltillo).

4.3 Manejo de las unidades experimentales

Se estudió el material genético de la especie *Amaranthus palmeri*, nativa de México, con un hábito de crecimiento herbáceo (Rzedowski, 2001), de semilla cosechada en la región y sembrada en almácigos, transplantadas a los 54 días después de la siembra. Se utilizaron 140 plantas, establecidas en dos tipos de suelo: sustrato y tierra típica de la región, con 70 plantas (unidades experimentales) de cada tratamiento. Las plantas se colocaron en bolsas de capacidad de 1 kg y se les asignó un riego a capacidad de campo dependiendo de la necesidad de humedad.

4.4 Tratamientos y diseño experimental

La fuente de variación fueron los días después del trasplante y los tipos de suelo, bajo un diseño experimental de bloques al azar completamente al azar, con cinco repeticiones y factor de bloqueo que fue la intensidad de luz en el invernadero. Los muestreos fueron de manera destructiva del material cada 15 días. Así mismo, se mantuvieron 10 plantas de cada tipo de suelo para la evaluación del crecimiento.

4.5 Variables evaluadas

Las variables evaluadas durante el estudio fueron: la altura de planta y número de hojas para las plantas testigo y número de hojas, largo de raíz, índice de área foliar y pesos individuales de hoja, tallo, raíz e inflorescencia para los ejemplares extraídos completamente.

4.5.1 Rendimiento de forraje y componentes morfológicos

Se extrajeron cinco plantas de cada tratamiento, seleccionadas al azar. Estas fueron separadas en sus componentes hoja, tallo, inflorescencia y raíz. La suma de estos componentes fue el rendimiento de materia seca por planta. Posteriormente fueron llevadas a una estufa de aire forzado, modelo POM246F SERIAL No. P6-800, para ser secadas a una temperatura de 55 °C por 72 h, hasta peso constante.

Se empleo una báscula analítica modelo adventurer Pro AV264C, marca OHAUS, para pesar las muestras y poder obtener un dato más exacto de cada componente, dato que fue utilizado para determinar el porcentaje y kg MS planta⁻¹ de aportación al rendimiento total, mediante las siguientes formulas:

$$CBM (\%) = \left[\frac{\text{Peso total del componente}}{\text{Peso total de la CBM}} \right] 100$$

% de Componentente * RMS en g M planta⁻¹

$$\text{Kg Ms ha}^{-1} \text{ corte}^{-1} = \frac{\text{_____}}{100}$$

4.5.3 Relación: hoja/tallo

Tomando los datos obtenidos en la composición morfológica de la hoja y el tallo, se realizaron los cálculos para estimar la relación entre hoja vs tallo, utilizando la siguiente formula:

$$R = \frac{H}{T}$$

Donde:

H: T = Relación hoja:tallo.

R= Relación del peso de la hoja, respecto a la del tallo.

H = Peso seco del componente hoja (kg MS ha⁻¹).

T = Peso seco del componente tallo (kg MS ha⁻¹).

4.5.4 Altura de la planta

Se tomó la altura de diez unidades experimentales, mantenidas sin destruirse durante todo el experimento. Se utilizó una regla de una longitud de 100 cm y una precisión de graduación de un mm, después de ser registradas se calculó el promedio de las alturas por repetición.

4.5.5 Peso de tallo individual y hoja por tallo

Se cosecharon diez tallos en cada repetición, que posteriormente fueron colocados en bolsas de papel ya identificadas y separadas en hoja y tallo, y sometidas a un proceso de secado en una estufa de aire forzado, modelo POM246F SERIAL No. P6-800, a una temperatura de 55 °C durante 72 horas o cuando alcanzaron el peso constante. Una vez retirados de la estufa, fueron pesados ambos componentes en una báscula analítica, y dichos pesos fueron divididos entre diez, obteniendo así el peso

del tallo individual en gramos de MS (g MS tallo⁻¹) y hoja por tallo, aplicando la siguiente formula:

$$PH*T = PHT/10$$

Donde:

PH*T=Peso de hoja por tallo (g MS hoja tallo⁻¹)

PHT= Peso de hoja total (g MS hoja 10 tallos⁻¹)

4.5.6 Relación parte aérea-raíz

De los datos obtenidos de la parte aérea (hoja, tallo material muerto e inflorescencia) se dividió entre el componente morfológico raíz (PA/Raíz) usando la fórmula siguiente:

$$R = PA/Raiz$$

Dónde:

R = Componentes aéreos (hoja, tallo, inflorescencia y material muerto) respecto al componente morfológico Raíz.

PA = Suma del peso de los componentes (hoja, tallo, inflorescencia y material muerto) expresado en gramos de materia seca por planta (gr MS planta⁻¹).

Raíz = Peso de la raíz (gr MS planta⁻¹).

4.5.7 Numero de hojas

Se contó el número de hojas de diez unidades experimentales por cada repetición. Después de ser registradas, se calculó el promedio del número de hojas por repetición.

3.5.8 Diametro de tallos

Se midió el diámetro de diez unidades experimentales por cada repetición. Se utilizó un vernier con una precisión de graduación de un mm, después de ser registradas se calculó el promedio de los diámetros por repetición.

4.5.9 Longitud de raíz

Se tomó la longitud de raíz de diez unidades experimentales por repetición. Se utilizó una regla de una longitud de 100 cm y una precisión de graduación de un mm, después de ser registradas se calculó el promedio del largo de raíz por repetición.

4.5.10 Índice de área foliar

Se separaron las hojas del resto de los componentes de diez unidades experimentales por repetición. Se acomodaron individualmente y se fotografiaron sobre un fondo claro y con una cinta métrica para escala, con una longitud de 100 cm y una precisión de graduación de un mm, para analizarse con el uso de la aplicación ImageJ de análisis métrico por fotografía. Después de ser registradas se calculó el promedio de índice de área foliar por repetición.

4.6 Análisis estadístico

Para comparar el efecto de los días después del trasplante y tipo de suelo, sobre el cultivar evaluado, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) mediante el procedimiento GLM de SAS (Statistical Analysis System Versión 9.0 para Windows; SAS Institute, Cary NC. USA) y una comparación de medias con la prueba Tukey ($p<0.05$) cuando se detectó efecto de alguno de los factores de variación y se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor de la variable de estudio

μ = Media general de la población estudiada

α_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

β_j = Efecto del j -ésimo corte

ϵ_{ij} = Error estándar de la media

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Producción de materia seca

En la Figura 3, se muestran los rendimientos comparativos de materia seca por planta, de *Amaranthus palmeri*, correspondientes a los tratamientos 1: tierra típica de la región y 2: sustrato, cosechado a diferentes días después del transplante en la estación de primavera, en el sureste de Coahuila, México. Se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos y días después del transplante ($p<0.05$). Los valores más altos dentro del tratamiento 1 fueron registrados en los DDT 67, 74, 81, 88 y 95, mientras que para el tratamiento 2 fueron en los DDT 88 y 95 ($p<0.05$).

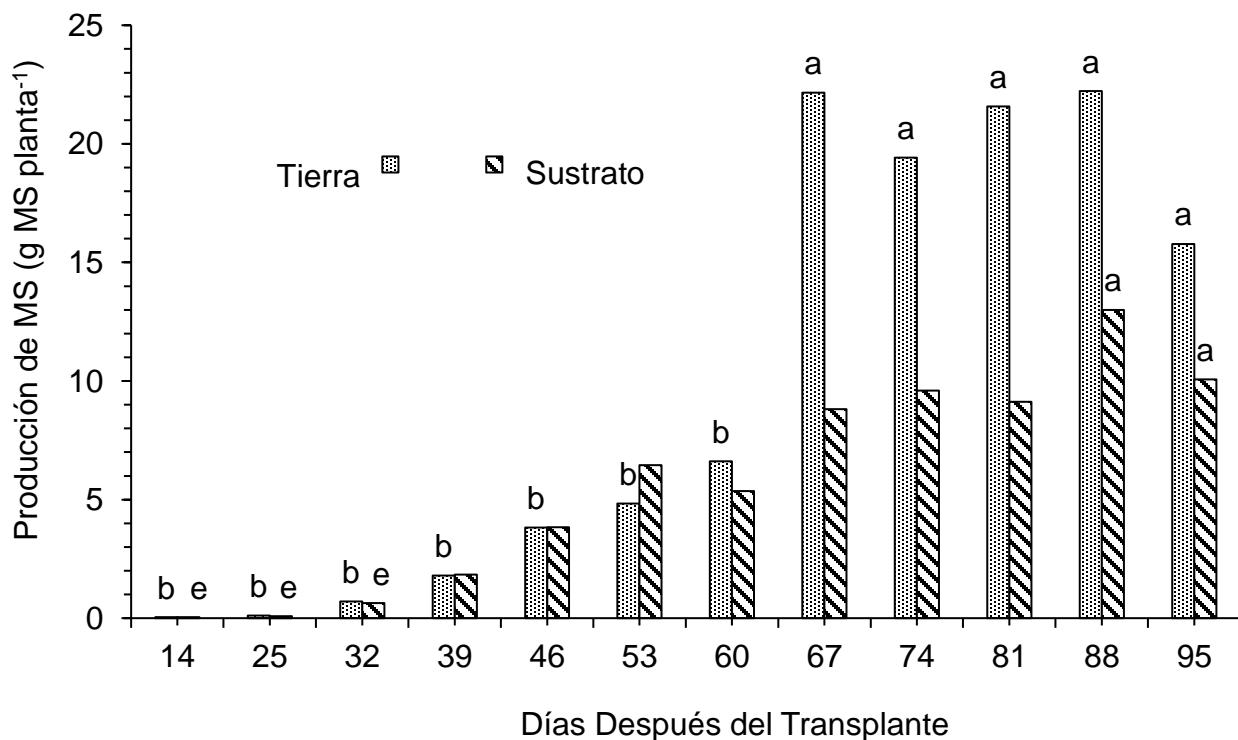


Figura 3. Componentes morfológicos, analizados en *Amaranthus palmeri*, cosechado a diferentes días después del transplante en la estación de primavera 2025, en el Sureste de Coahuila, México, para tratamientos 1 y 2 comparados.^{abcde}Letras diferentes en las barras muestran diferencias significativas (Tukey: $p<0.05$).

En el tratamiento 2 se aprecia mayor variabilidad respecto a las diferencias significativas entre los datos por DDT, contando con 5 comparativos (a, b, c, d y e) contra 2 (a y b) para el tratamiento 1. No hay diferencias estadísticas significativas apreciables entre ambos tratamientos en los DDT 14 al 60, con promedios que van desde los 0 hasta los 6 g MS planta⁻¹ ($p>0.05$). En los DDT 67 al 95 sí hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, con valores promedio de 14.5 a 17.6 g MS planta⁻¹ ($p<0.05$), siendo el tratamiento con la diferencia a su favor el correspondiente a tierra típica de la región, con mayor promedio total de 10.6 g MS planta⁻¹ contra 6 de sustrato. Los valores obtenidos durante este experimento coinciden en edad fenológica en correlación con el rendimiento con los resultados de trabajos de investigación similares, como en el caso de Monroy-Pedroza *et al.* (Monroy-Pedroza *et al.*, 2022), donde los valores más altos de biomasa fresca (forraje fresco) se obtuvieron a los 76 DDE, siendo superior ($P<0.05$) la variedad Dorada (278.4 g planta⁻¹ o 62.6 t ha⁻¹), respecto a Frondosa (201.2 g planta⁻¹ o 45.2 t ha⁻¹).

5.2 Composición morfológica

En la Figura 4, se muestran los rendimientos de materia seca por planta, de *Amaranthus palmeri* S. Watson, correspondientes a plantas establecidas en tierra típica de la región, cosechado a diferentes días después del transplante en la estación de primavera, en el sureste de Coahuila, México. Se presentaron diferencias estadísticas entre componentes morfológicos y días después del transplante ($p<0.05$). Los mayores valores promedios se registraron en la raíz y el tallo con 3.8 y 3.5 g MS planta⁻¹, respectivamente ($p<0.05$). La mayor producción de MS en la hoja se registró en los DDT 67, 74, 81, 88 y 95, con valores de 3.5 a 5 g MS planta⁻¹, mismo caso para el tallo, con valores desde los 6.2 a 8.9 g MS planta⁻¹. En cuanto a la raíz, los datos más altos se observan en los DDT 74, 81, 88 y 95, con datos registrados de 5 a 8.9 g MS planta⁻¹. Por último, para inflorescencia los datos más altos se observan en el DDT 95, con 1.1 g MS planta⁻¹. A los DDT 14 y 32 no se presentaron diferencias estadísticas ($p>0.05$) entre componentes, con promedio de 0 y 0.2 g MS planta⁻¹, respectivamente.

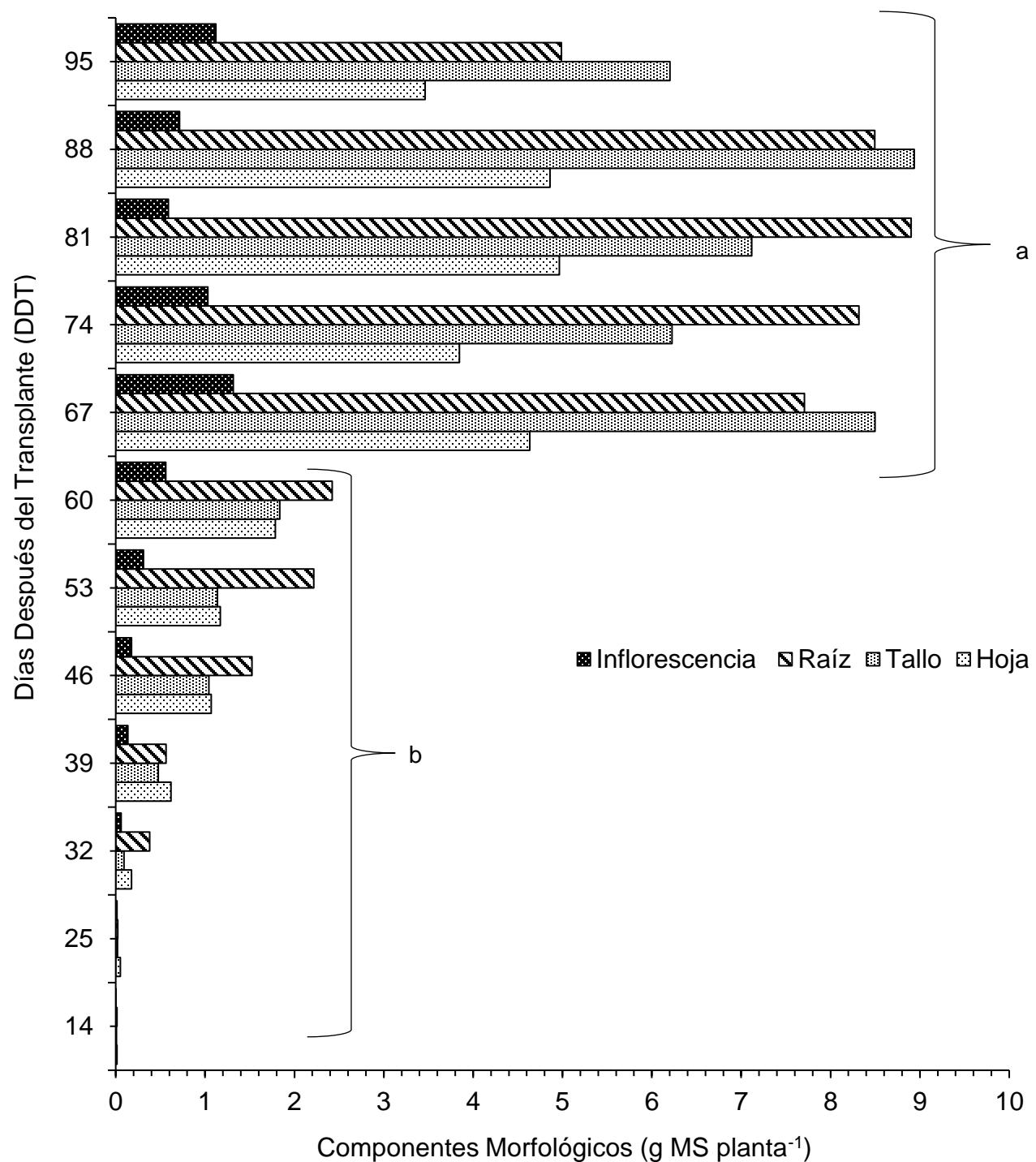


Figura 4. Componentes morfológicos, analizados en *Amaranthus palmeri*, cosechado a diferentes días después del transplante en la estación de primavera 2025, en el Sureste de Coahuila, México, para tierra típica de la región (tratamiento 1). abcLetras diferentes en las barras muestran diferencias significativas (Tukey: $p<0.05$).

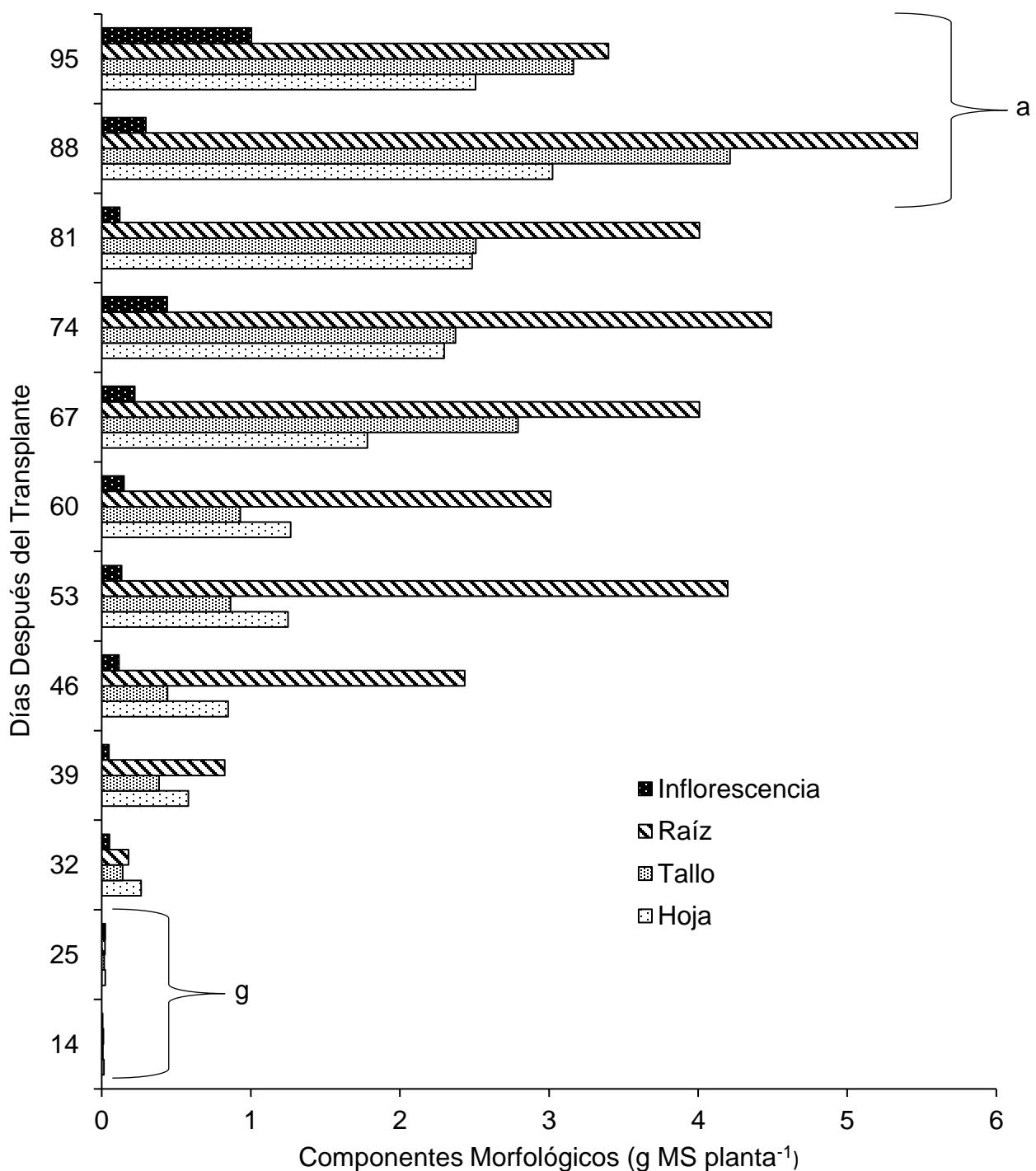


Figura 5. Componentes morfológicos, analizados en *Amaranthus palmeri*, cosechado a diferentes días después del transplante en la estación de primavera 2025, en el Sureste de Coahuila, México, para sustrato (tratamiento 2). ^{abcdefg}Letras diferentes en las barras muestran diferencias significativas (Tukey: $p<0.0$).

Los DDT con el mayor promedio observado son los 88 y 95, con 5.8 g MS planta⁻¹ en ambos casos. El componente con el mayor promedio fue raíz, con 3.8 g MS planta⁻¹, mientras que el menos promedio fue para inflorescencia, con 0.5 g MS planta⁻¹. En la Figura 5, se muestran los rendimientos de materia seca por planta, de *Amaranthus palmeri*, desarrolladas en un sustrato de invernadero, cosechado a diferentes días después del transplante en la estación de primavera, en el sureste de Coahuila, México.

Se presentaron diferencias estadísticas entre componentes morfológicos y días después del transplante ($p<0.05$). Para promedios, el valor más alto se registró en la hoja con 11.3 g MS planta⁻¹ ($p<0.05$). La mayor producción de MS en hoja se presentó en los DDT 88 y 95, con 3 g MS planta⁻¹ en ambos casos; misma situación que se presentó para tallo, con 4.2 y 4.1 g MS planta⁻¹ respectivamente, y raíz, con 5.5 y 5.4 g MS planta⁻¹. En cuanto a inflorescencia, el registro mayor fue en el DDT 95, con 0.6 g MS planta⁻¹. A los 14, 25 y 32 DDT no se presentaron diferencias estadísticas entre componentes ($p>0.05$). El mayor promedio total se observa en los DDT 88 y 95, ambos con 3.3 g MS planta⁻¹.

Los resultados favorecedores para el tratamiento con tierra típica de la región sobre sustrato coinciden con las adaptaciones de la planta *Amaranthus palmeri*, que, según lo descrito por Oreja *et al.* (Oreja *et al.*, 2022) es una especie anual, de metabolismo C4, originaria del desierto de Sonora y el valle inferior del Río Grande, ubicados en el sudoeste de Estados Unidos y noroeste de México, una región que se caracteriza por suelos con poca disponibilidad de nutrientes.

5.3 Peso de hoja, peso de tallo y la relación:hoja/tallo

En las Figuras 6, 7 y 8, se presenta el peso de la hoja, de tallo y su relación (R:H/T) de *Amaranthus palmeri*, en primavera, durante 95 días después del transplante (DDT). Se observaron diferencias significativas ($p<0.05$) entre DDT y tratamientos. Particularmente para hoja, destacó a los DDT 67, 74, 81, 88 y 95 en el caso de tierra típica de la región, con un mayor peso promedio registrado (g MS hoja⁻¹), oscilando estos entre los 3.5 y 5 g; mientras que en el caso del sustrato, el mayor registro se observó en los DDT 88 y 95, con 3 y 2.5 g respectivamente. En cuanto a las diferencias entre los tratamientos, las más significativas pudieron observarse en los DDT 67, 74, 81 y 88,

siendo en todos los casos el tratamiento 1 el que dio los mejores resultados. Respecto a los pesos promedio, destaca el tratamiento 1, con 2.2 g contra 1.4 de tratamiento 2.

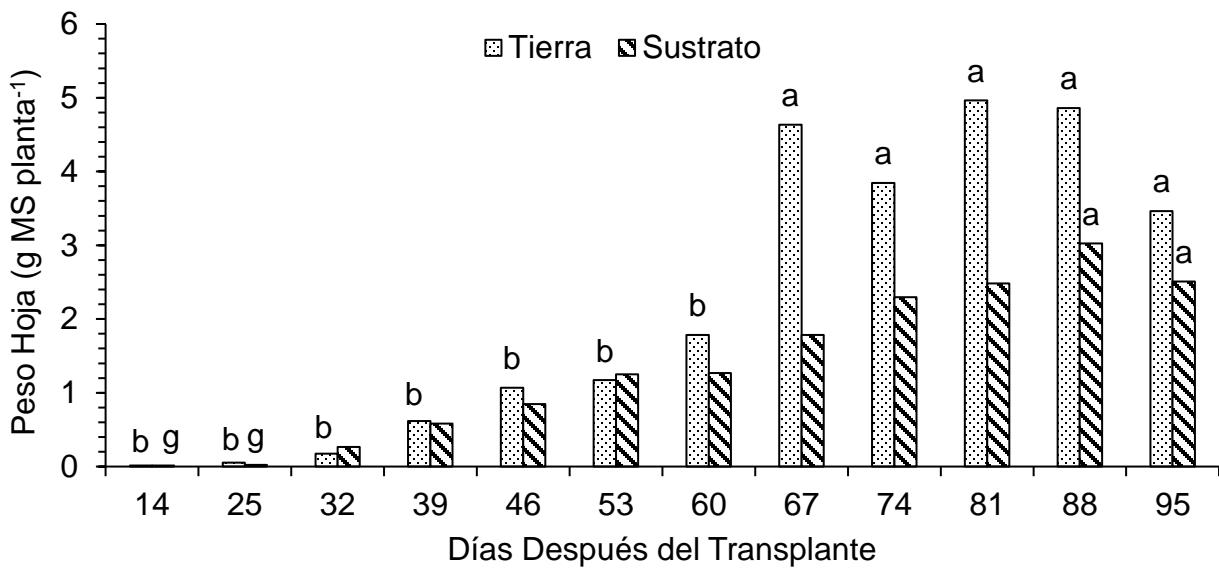


Figura 6. Peso seco de la hoja (g MS hoja⁻¹) de *Amaranthus palmeri*, cosechado durante 95 días después del transplante en la estación de primavera en el Sureste de Coahuila, México. ^{abcdefg}Letras diferentes en las barras muestran diferencias significativas (Tukey: p<0.05).

Al evaluar el tallo individualmente se observó que si hubo diferencias (p<0.05) entre cada muestreo (Figura 7). Respecto a las diferencias entre DDT (p<0.05), los pesos promedios mas altos fueron registrados en los DDT del 67 al 95 para el tratamiento 1, yendo desde los 6.2 hasta los 8.9 g y en los DDT 88 y 95 para el tratamiento 2, con pesos de 4.2 y 3.2 g respectivamente. En cuanto a diferencias entre tratamientos (p<0.05), se observaron diferencias de los 67 a los 95 DDT, siendo el tratamiento con las evaluaciones más altas el correspondiente a tierra típica de la región. En cuanto a los promedios totales, el mayor corresponde al tratamiento 1, con 3.5 g, contra 1.6 g del tratamiento 2.

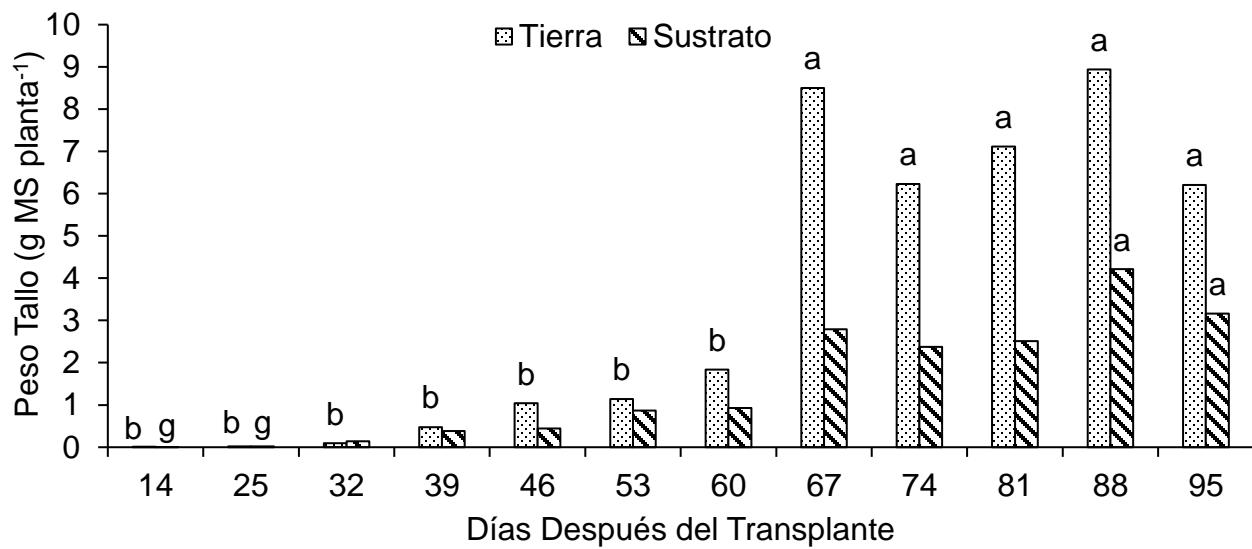


Figura 7. Peso seco del tallo (g MS tallo⁻¹) de *Amaranthus Palmeri*, cosechado durante 95 días después del transplante en la estación de primavera en el Sureste de Coahuila, México. abcdLetras diferentes en las barras muestran diferencias significativas (Tukey: $p<0.05$).

Así mismo, en la R:H/T (Figura 8) se pudieron observar diferencias significativas ($p<0.05$) en cada muestreo desde el DDT 46 al 95 del experimento, con resultados promedio ligeramente más altos de parte del T2 con 1.4 contra 1.3 del T1, destacándose el DDT 25 para tierra típica de la región (T1) y el DDT 32 para sustrato (T2), con un promedio de 3.4 y 2 respectivamente. Dichos valores nos indicaron que la hoja tuvo una mayor producción de materia seca sobre el tallo. Los menores valores registrados fueron en los DDT 67 a 95 para ambos tratamientos, siendo la menor lectura registrada para T1 de 0.5 y para T2, 0.7.

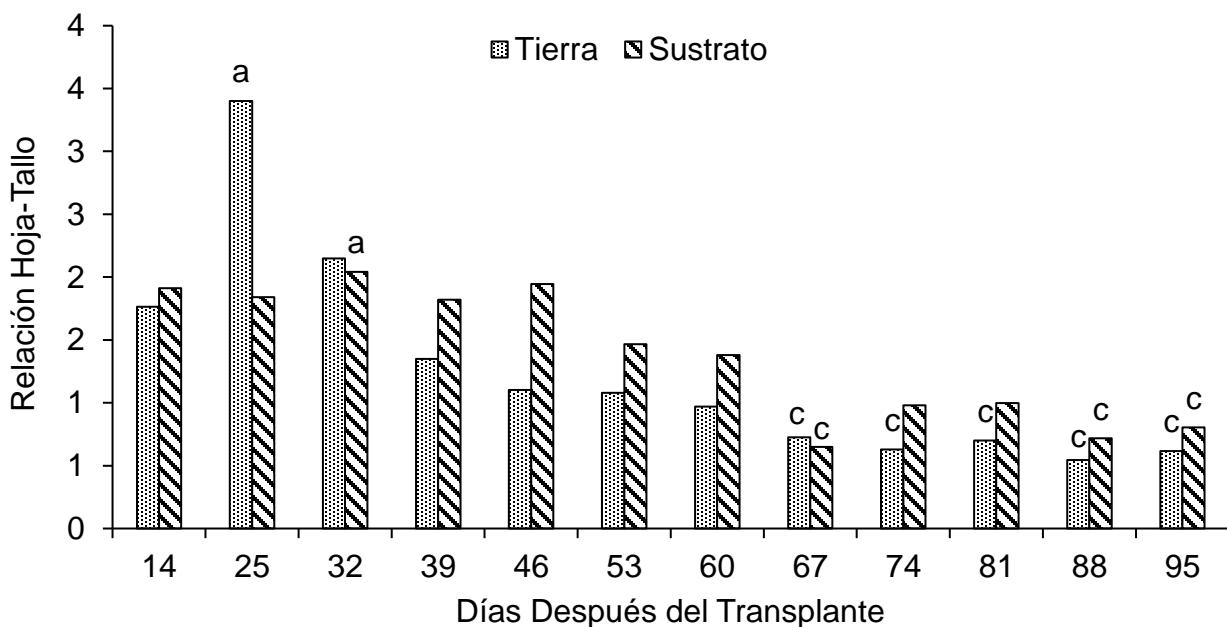


Figura 8. Relación hoja-tallo (R:H/T) de *Amaranthus palmeri*, cosechado durante 95 días después del transplante en la estación de primavera en el Sureste de Coahuila, México. abc Letras diferentes en las barras muestran diferencias significativas (Tukey: $p<0.05$)

La relación hoja-tallo en las especies de *Amaranthus* varía significativamente dependiendo del genotipo, la etapa de crecimiento y las condiciones de cultivo (Costea & Demason, 2001). Es un valor dinámico que depende de múltiples variables, pero los estudios sugieren que en variedades hortícolas, la biomasa de las hojas puede ser igual o superior a la del tallo y esto concuerda con las observaciones realizadas durante este experimento.

5.4 Altura de la planta

A continuación, se muestran los resultados obtenidos al evaluar la altura de *Amaranthus palmeri* durante 95 días después del transplante, en la estación de primavera, utilizando el método de regla. En dichos resultados se puede observar que si hubo diferencias estadísticas ($P<0.05$) entre cada muestreo y entre tratamientos. El promedio la altura mayor fue a los 95 DDT para ambos tratamientos, con 42.6 cm en el caso de tierra típica de la región y 28 cm en sustrato. En cuanto a las diferencias entre tratamientos, las hubo en la mayoría de los DDT, con la única excepción siendo el DDT

14, siendo la tierra típica de la región el que mostró mejores resultados, con alturas desde los 8.5 cm hasta los 42.6 cm contra 6.3 a 28 del sustrato. El mayor promedio general también se observó para el tratamiento 1, con 21.9 cm contra 15.1 del tratamiento 2.

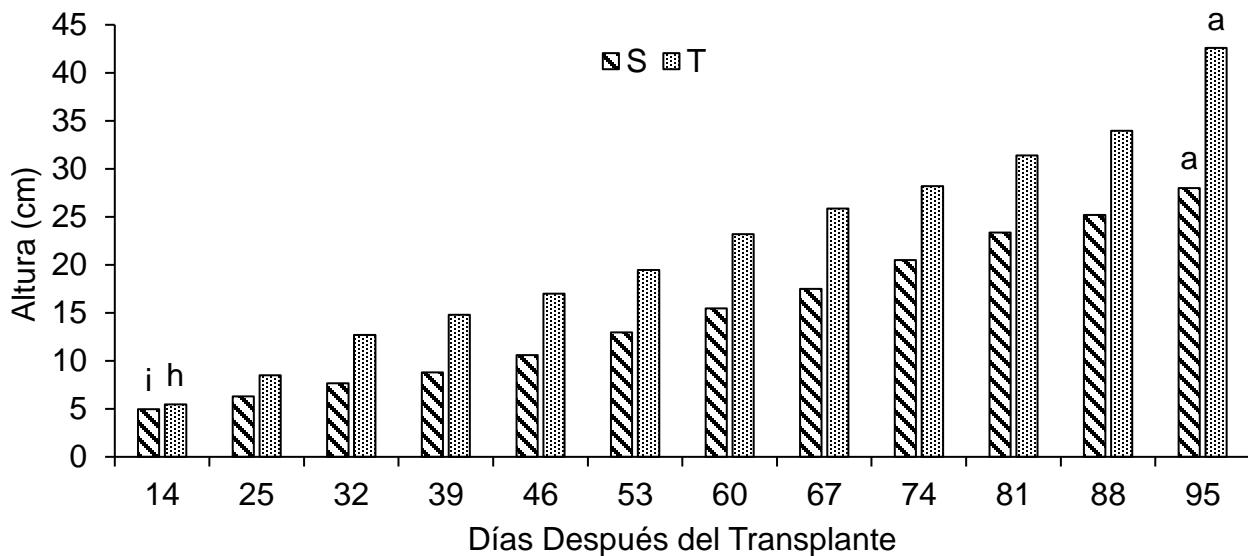


Figura 9. Altura de la planta (cm) de *Amaranthus Palmeri*, cosechado durante 95 días después del transplante en la estación de primavera en el Sureste de Coahuila, México. abcdefghi Letras iguales en los marcadores no muestran diferencias significativas (Tukey: $p>0.05$).

De acuerdo a Monroy-Pedroza *et al.* (Monroy-Pedroza *et al.*, 2022) en su experimento, la mayor tasa de crecimiento (altura/DDE) se obtuvo a los 33 y 47 DDE con la variedad de Amaranto Frondosa (3.17 cm d^{-1}) y Dorada (3.77 cm d^{-1}), respectivamente; periodo durante el cual la temperatura máxima (30.4°C) y mínima (8.9°C) se mantuvieron dentro del rango de crecimiento óptimo. Esto difiere de los resultados observados durante mi experimento, en el que el crecimiento de las plantas se mostró constante durante toda su duración, posiblemente debido a las condiciones más favorecedoras y similares al rango de crecimiento óptimo climático que se menciona.

5.5 Número de hojas

A continuación, se muestran los resultados obtenidos al evaluar número de hojas en *Amaranthus palmeri*, cosechado a diferentes días después del transplante en la estación de primavera, 2025, en el Sureste de Coahuila, México. En dichos resultados se puede observar que si hubo diferencias estadísticas ($P<0.05$) entre cada muestreo y entre tratamientos. En promedio, el mayor registro de número de hojas fue a los 95 DDT para ambos tratamientos, con un promedio de 301.3 para el tratamiento 1 y 223.9 para el tratamiento 2. En cuanto a las diferencias entre tratamientos ($P<0.05$), se presentaron en todos los DDT a excepción del 14, yendo estos promedios de 50.6 hasta 303.3 para tratamiento 1 y de 27.20 a 223.9 para tratamiento 2. El mayor promedio general fue para tratamiento 1, con 166.3 hojas contra 124.3 del tratamiento 2.

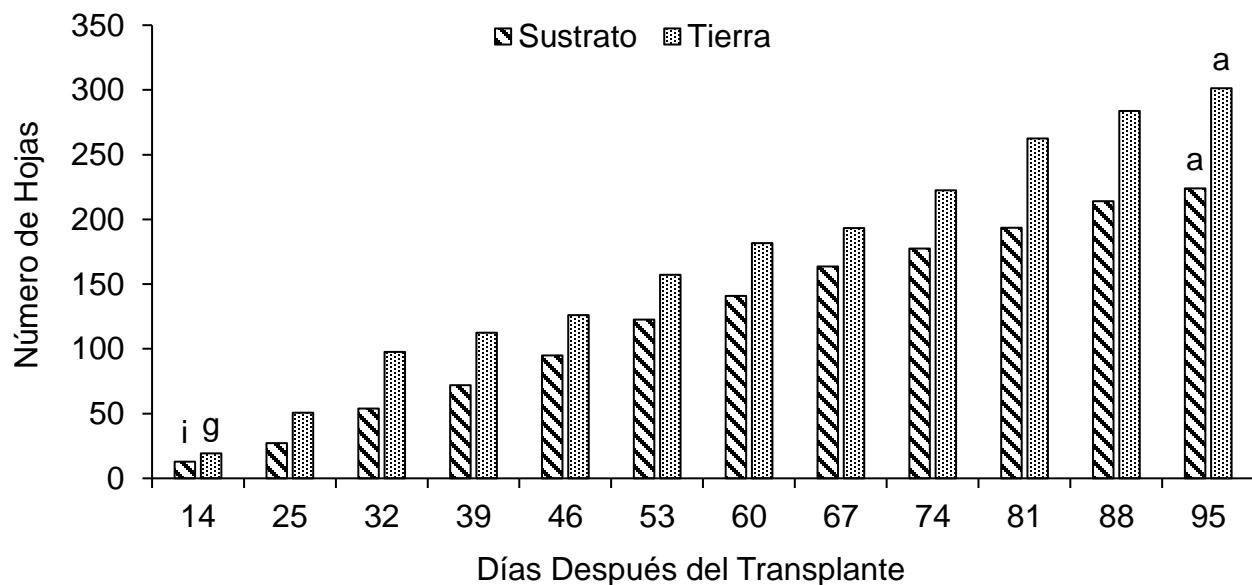


Figura 10. Número de hojas en *Amaranthus palmeri*, cosechado a diferentes días después del transplante en la estación de primavera, 2025, en el Sureste de Coahuila, México. ^{abcdefghijkl}Letras iguales en los marcadores no muestran diferencias significativas (Tukey: $p>0.05$).

En el experimento de Monroy-Pedroza *et al.* (Monroy-Pedroza *et al.*, 2022), el número total de hojas se alcanzó a los 76 DDE, difiriendo de mis observaciones, donde

el número siguió en aumento hasta los 95 DDT. Nuevamente, estas diferencias podrían deberse a las condiciones climáticas más favorecedoras durante el periodo experimental.

5.6 Diámetro de tallos

En seguida, se muestran los resultados obtenidos al evaluar diámetro de tallos (mm) en *Amaranthus palmeri*, cosechado a diferentes días después del transplante en la estación de primavera, 2025, en el Sureste de Coahuila, México. En dichos resultados se puede observar que si hubo diferencias estadísticas ($P<0.05$) entre cada muestreo y entre tratamientos. En promedio, el mayor registro de número de diámetro de tallos fue a los 88 y 95 DDT para tratamiento 1 con 9 y 9.7 mm respectivamente y a los 88 DDT para tratamiento 2, con 11 mm. Hubo también diferencias estadísticas significativas ($P<0.05$) entre tratamientos en casi todos los DDT, con excepción del 14, 25 y 60, destacando para este parámetro del DDT 32 al 81 el correspondiente a sustrato, con promedios de los 3.8 a los 11 mm, contra promedios de 2.2 a 9 mm del correspondiente a tierra típica de la región.

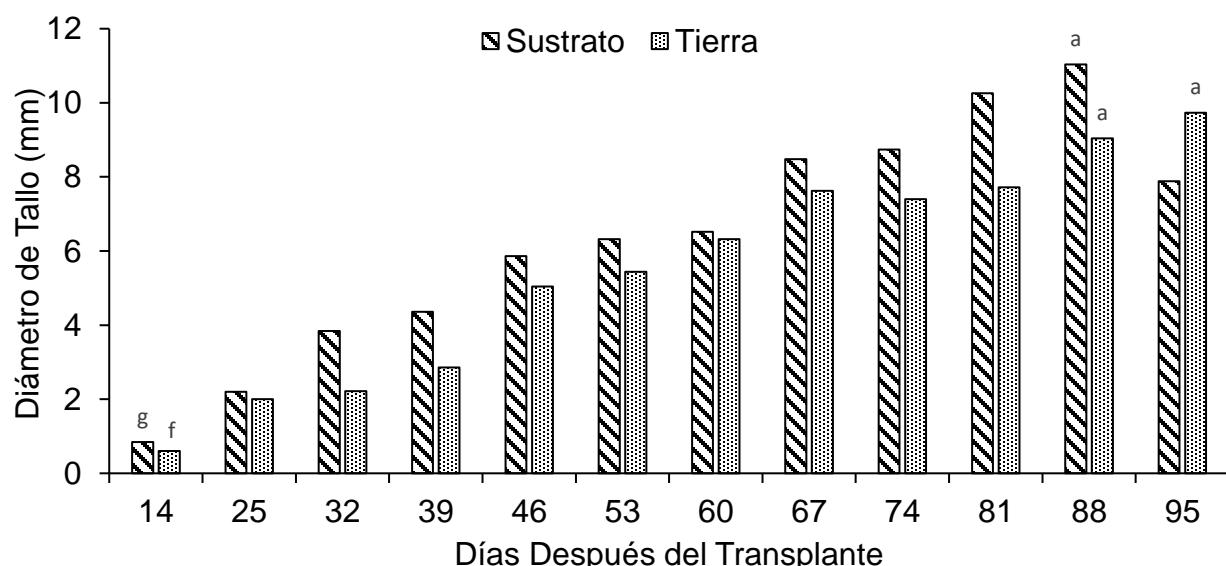


Figura 11. Diámetro de tallos (mm) en *Amaranthus palmeri*, cosechado a diferentes días después del transplante en la estación de primavera, 2025, en el Sureste de Coahuila, México. ^{abcdefg}Letras iguales en los marcadores no muestran diferencias significativas (Tukey: $p>0.05$).

Para el DDT 95, la ventaja la obtuvo el tratamiento 1, con 9.7 mm sobre 7.9 del tratamiento 2. El promedio general fue más alto para sustrato, con 6.4 mm contra 5.8 de tierra típica de la región. Durante el experimento de Uriarte-Ortiz *et al.* (Uriarte-Ortiz *et al.*, 2023), se demostró que existe una relación de causa-efecto del Diámetro del tallo sobre la variable respuesta No. de hojas, lo cual coincide con los resultados del presente experimento, donde el tratamiento con tierra típica de la región mostró un mayor número de hojas y menor diámetro de tallo, contrario al caso del tratamiento con sustrato.

5.7 Largo de raíz

Enseguida, se muestran los resultados obtenidos al evaluar el largo de raíz (cm) en *Amaranthus palmeri*, cosechado a diferentes *días después del transplante* en la estación de primavera, 2025, en el Sureste de Coahuila, México. En dichos resultados se puede observar que si hubo diferencias estadísticas ($P<0.05$) entre cada muestreo y entre tratamientos. En promedio, el mayor registro de número de diámetro de tallos fue a los 81 DDT para tratamiento 1, con 55.4 cm y a los 74 DDT para tratamiento 2, con 52.9 cm. Hubo diferencias estadísticas significativas ($P<0.05$) en los DDT 32, 39, 53, 81 y 95, siendo en estos el tratamiento destacado el correspondiente a tierra típica de la región con valores desde los 21.8 hasta los 55.4 cm, y los DDT 60 y 74, donde sobresalió el tratamiento 2 con valores de 45 y 52.9 cm respectivamente. Respecto al promedio total, también observamos que el mayor promedio corresponde al tratamiento 1 con 49.3 cm, sobre los 38.8 del tratamiento 2.

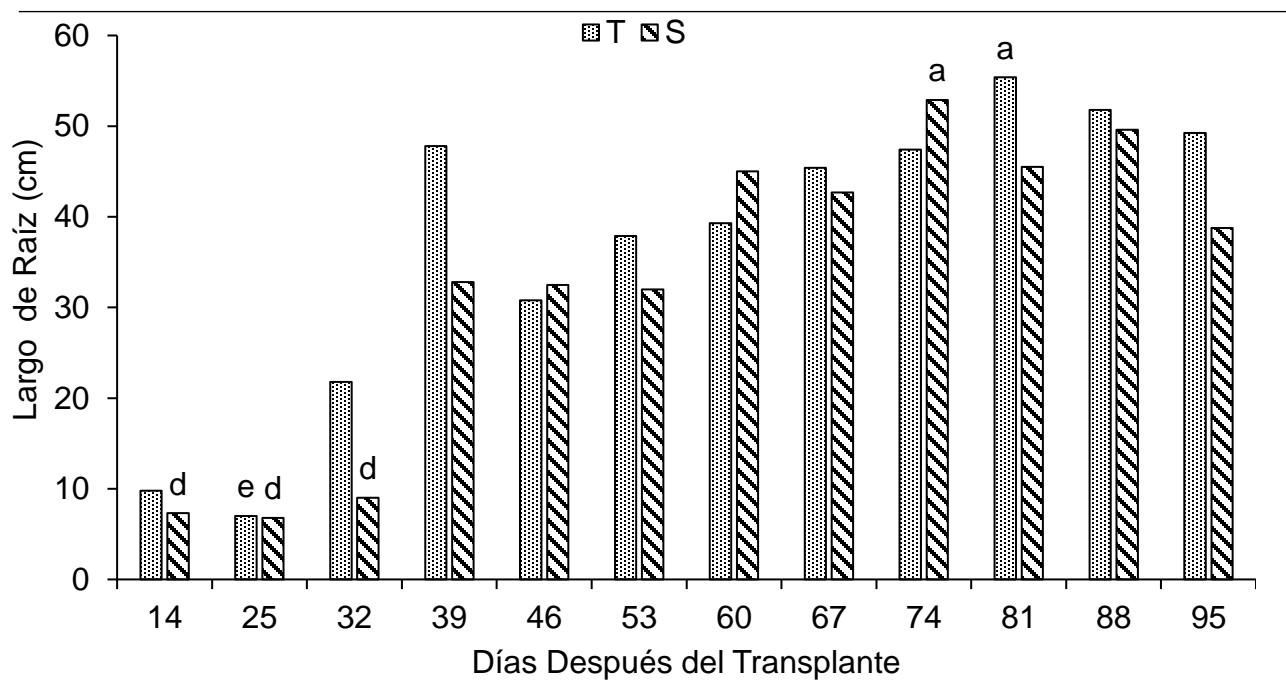


Figura 12. Largo de raíz (cm) en *Amaranthus palmeri*, cosechado a diferentes días después del transplante en la estación de primavera, 2025, en el Sureste de Coahuila, México. ^{abcde}Letras iguales en los marcadores no muestran diferencias significativas (Tukey: $p>0.05$).

No existe un registro previo específico para largo de raíz de *Amaranthus palmeri*, pero se puede inferir de acuerdo a la información contenida en la ficha técnica de la CONABIO (CONABIO, 2009) que esta debe ser robusta y profunda, dado a la altura que esta planta puede llegar a alcanzar. Se puede observar en los resultados obtenidos que la longitud de raíz es directamente proporcional a la altura de la planta, de la cual se habla más adelante.

5.8 Índice de área foliar

A continuación, se muestran los resultados obtenidos al evaluar el índice de área foliar (cm) en *Amaranthus palmeri*, cosechado a diferentes días después del transplante en la estación de primavera 2025, en el Sureste de Coahuila, México. En dichos resultados se puede observar que si hubo diferencias estadísticas ($P<0.05$) entre cada

muestreo y entre tratamientos. En promedio, los datos más altos obtenidos respecto al área foliar fueron a los 60 y 67 DDT para tratamiento 1, con 1356365.8 y 1328361.4 cm respectivamente, y en el DDT 60 para tratamiento 2, con 1524714.6 cm. Los más bajos fueron a los 14 DDT para ambos tratamientos, con 656106.4 cm para el correspondiente a tierra típica de la región y 497350 cm para el sustrato. Hubo diferencias significativas ($P<0.05$) en los DDT 14, 25, 32, 39, 74 y 81, donde destacó el tratamiento 1 con valores desde los 656106.4 hasta los 1328361.4 cm, y a los 53 y 60 DDT donde sobresalió el tratamiento 2 con valores de 1342311.6 y 1524714.6 cm respectivamente.

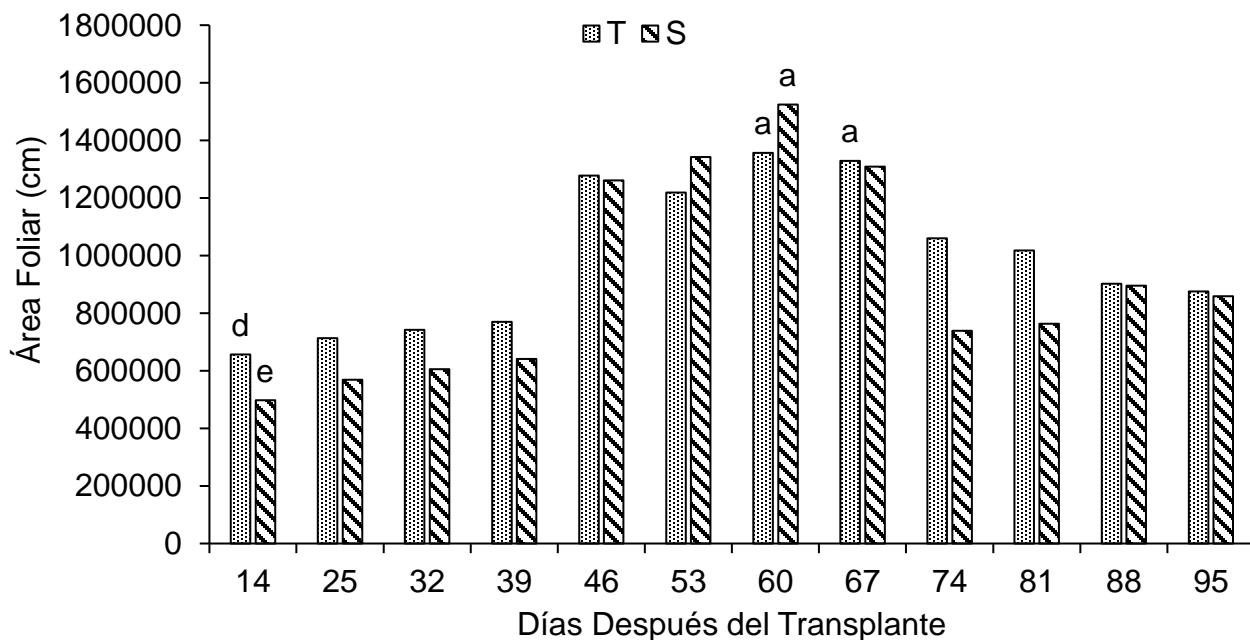


Figura 13. Índice de área foliar (cm) en *Amaranthus palmeri*, cosechado a diferentes días después del transplante en la estación de primavera, 2025, en el Sureste de Coahuila, México. ^{abcde}Letras iguales en los marcadores no muestran diferencias significativas (Tukey: $p>0.05$)

VI. CONCLUSIONES

Amaranthus palmeri S. expresó un comportamiento satisfactorio en la producción de forraje, ya que a los días se obtuvo el mayor rendimiento de forraje en condiciones experimentales. Las variables con mejores respuestas fueron: diámetro de tallos, número de hojas y altura de la planta, debido a que en ellas, los resultados se mantuvieron en ascenso hasta los 95 DDT. Por otro lado presentó resultados menos benéficos en los demás parámetros desde los 81 a los 95 DDT, ya que alcanzaban un pico de valores máximos y tendían a descender a partir de ahí.

En general, todas las variables analizadas presentaron comportamientos satisfactorios, elevando sus parámetros con cada medición. También se confirmaron las hipótesis de que la hoja fue el componente morfológico de ligeramente mayor impacto conforme avanzaban los DDT, y de que su contribución disminuyó con la edad fisiológica de la planta, mostrando una correlación negativa con el tallo, que aumentó su proporción a mayor edad de la planta. En general se observó un mejor rendimiento en todas las áreas con el tratamiento 1, correspondiente a tierra típica de la región.

VII. LITERATURA CITADA

- Alltech. (2021). Los Altos Costos De La Alimentación: Alltech.** Obtenido de Alltech: <https://www.alltech.com/es-mx/nutricion-animal/ganado-lechero/los-altos-costos-de-la-alimentacion>
- Azcón-Bieto, J., & Talón, M. (2013). Fundamentos de Fisiología Vegetal.** Barcelona: McGraw-Hill. Obtenido de <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FundamentosdeFisiologiaVegetal2008Azcon..pdf>
- Chen, J. M., & Black, T. A. (Mayo de 1992). Defining Leaf Area Index for Non-Flat Leaves: Wiley Online Library.** Recuperado el 2025, de Wiley Online Library: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3040.1992.tb00992.x>
- ClimateData.org. (2021). Saltillo Climate: Climate Data.** Obtenido de Climate Data: <https://en.climate-data.org/north-america/mexico/coahuila/saltillo-4988/>
- CONABIO. (16 de Agosto de 2009). Amaranthus palmeri S. Wats. Quintonil Tropical: CONABIO.** Obtenido de CONABIO: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/amaranthaceae/amaranthus-palmeri/fichas/ficha.htm#2.%20Origen%20y%20distribuci%C3%B3n%20geogr%C3%A1fica>
- Costea, M., & Demason, D. A. (Julio de 2001). Stem Morphology and Anatomy in Amaranthus L. (Amaranthaceae) - Taxonomic Significance: Research Gate.** Obtenido de Research Gate: https://www.researchgate.net/publication/241841597_Stem_Morphology_and_Anatomy_in_Amaranthus_L_Amaranthaceae-Taxonomic_Significance
- Duthil, J. (1989). Producción de Forrajes.** Madrid: Mundi Prensa.
- Espitia Rangel, E., Mapes Sánchez, C., Escobedo López, D., De La O Olán, M., Rivas Valencia, P., Martínez Trejo, G., . . . Hernández Casillas, J. M. (Diciembre de 2010). Conservación y Uso de los Recursos Genéticos de Amaranto en México: Gobierno de México.** Obtenido de Gobierno de México: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232256/Conservacion_y_uso_de_los_recursos_geneticos_de_amaranto.pdf

López-García, G., López-Martínez, L., Dublán-García, O., & Baeza-Jiménez, R. (2018). *Caracterización del Perfil de Ácidos Grasos Presentes en Quintonil: Repositorio UANL.* Obtenido de Repositorio UANL: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume3/4/4/51.pdf>

Mapes-Sánchez, C., Basurto-Peña, F., & Bautista, L. (29 de Enero de 2012). *Manejo y Cultivo de Amaranthus spp. Como Quelite en la Sierra Norte de Puebla, México: Gobierno de México.* Obtenido de Gobierno de México: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232241/Manejo_y_cultivo_de_amaranthus_spp.pdf

Monroy Pedroza, D., Martínez Hernández, J. D., Gavi Reyes, F., Torres Aquino, M., & Hernández Ríos, I. (9 de Agosto de 2022). *Crecimiento, Acumulación y Distribución de Materia Seca en Dos Variedades de Amaranto (Amaranthus hypochondriacus y A. cruentus) Bajo Fertigación: Biotecnia.* Obtenido de Biotecnia: <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/1399>

Nieto Cabrera, C. (Septiembre de 1989). *El Cultivo de Amaranto Amaranthus spp. una Alternativa Agronómica para Ecuador: Repositorio INIAP.* Obtenido de Repositorio INIAP: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2688>

Oreja, F. H., Puente, J. I., & De La Fuente, E. B. (25 de Abril de 2022). *Amaranthus palmeri y el Cultivo de Soja Bajo Distintas Estructuras de Cultivo: Horizonte A.* Obtenido de Horizonte A: <https://horizonteadigital.com/interacciones-competitivas-entre-amaranthus-palmeri-y-el-cultivo-de-soja-bajo-distintas-estructuras-de-cultivo/>

Osegueda, R. (2025). *El Quintonil, la Hierba Deliciosa Comestible que También es Amaranto: México Desconocido.* Obtenido de México Desconocido: <https://www.mexicodesconocido.com.mx/el-quintonil-la-hierba-deliciosa-comestible-que-tambien-es-amaranto.html>

Randall, A. K., & Hake, S. (1997). Shoot Meristem Formation in Vegetative Development. *The Plant Cell*, 1001-1010.

Sánchez-Del Pino, I., Dorantes-Euan, A., & Ibarra-Morales, A. (Septiembre de 2019). *Primer Registro de la Maleza Agrícola e Invasiva Amaranthus palmeri (Amaranthaceae) para la Flora de la Península de Yucatán y un Registro*

Actualizado de la Diversidad de Amaranthus en la Región: SciELO. Obtenido de SciELO: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-42982019000300433

Santiago-Saenz, Y. O., Hernández-Fuentes, A. D., López-Palestina, C. U., Garrido-Cauich, J. H., Alatorre-Cruz, J. M., & Monroy-Torres, R. (Octubre de 2019). *Importancia Nutricional y Actividad Biológica de los Compuestos Bioactivos de Quelites Consumidos en México: SciELO.* Obtenido de SciELO: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182019000500593

Secretaría del Medio Ambiente del Estado de Coahuila. (2022). *Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado: SMA.* Obtenido de SMA: <https://sma.gob.mx/caracterizacion/>

Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. (1 de Agosto de 2017). *Amaranto (Amaranthus spp): Generalidades de la Red Amaranto: Gobierno de México.* Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/amaranto-amaranthus-spp>

Universidad Nacional de Colombia. (2017). *Amaranthus hybridus: Biovirtual UNAL: Flora de Colombia.* Obtenido de Biovirtual UNAL: Flora de Colombia: <http://www.biovirtual.unal.edu.co/floradecolombia/en/description/533/>

Uriarte Ortiz, R. B., Esquivel Quezada, J. L., Lacayo Romero, M. L., & Jarquín Pascua, M. C. (27 de Abril de 2023). *Evaluación de Variables de Crecimiento Vegetativo de Amaranto (Amaranthus cruentus L.) Variedad Amaranteca en el Centro de Investigación en Biotecnología,* Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua: Revista Torreón Universitario. Obtenido de Revista Torreón Universitario: <https://portal.amelica.org/ameli/journal/387/3874012008/html/>

Volenc, J. J., Ourry, A., & Joern, B. C. (1996). A Role for Nitrogen Reserves in Forage Regrowth and Stress Tolerance. *Plant Physiology*, 185-193.

Watson, D. (Enero de 1947). Comparative Physiological Studies on the Growth of Field Crops: I. Variation in Net Assimilation Rate and Leaf Area between Species and Varieties, and Within and Between Years. *Annals of Botany*, 11(1), 41-76. Obtenido

VIII. ANEXOS

Cuadro 3. Componentes morfológicos, analizados en *Amaranthus palmeri*, cosechado a diferentes días después del transplante en la estación de primavera 2025, en el Sureste de Coahuila, México, para tratamientos 1 y 2 comparados.

TRAT	Días Despues del Transplante (DDT)												\bar{X}	Sig	EEM	DMS
	14	25	32	39	46	53	60	67	74	81	88	95				
T	0.04 ^{Ab}	0.1 ^{Ab}	0.7 ^{Ab}	1.8 ^{Ab}	3.8	4.8 ^{Ab}	6.6 ^{Ab}	22.2 ^{Aa}	19.4 ^{Aa}	21.6 ^{Aa}	22 ^{Aa}	23.3 ^{Aa}	10.6 ^A	<0.0001	4.7	10.3
S	0.04 ^{Ae}	0.09 ^{Ae}	0.6 ^{Ae}	1.8 ^{Ade}	3.8 ^{Acd}	6.4 ^{Abc}	5.4 ^{Ac}	8.8 ^{Bb}	9.6 ^{Bb}	9.1 ^{Bb}	13 ^{Ba}	13 ^{Aa}	6 ^B	<0.0001	1.5	3.2
\bar{X}	0.04 ^b	0.1 ^b	0.7 ^b	1.8 ^b	0.8 ^b	5.6 ^b	6 ^b	15.5 ^a	14.5 ^a	15.4 ^a	17.6 ^a	13 ^a	8.3	<0.0001	1.3	2
SIG	0.5	0.4	0.9	0.4	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.4	0.1			
EEM	0.02	0.03	1	0.8	3.8	1.3	0.8	6.9	5	3.6	3.1	8.6	1.6			
DMS	0.03	0.05	1.8	1.4	1.4	2.3	1.4	12.1	8.7	6.4	5.5	15.1	2.8			

Letras mayúsculas diferentes, muestran diferencias estadísticas ($p<0.05$) representan el análisis realizado de forma vertical, mientras que las letras minúsculas iguales no presentan diferencias estadísticas ($p>0.05$) muestran el análisis realizado de manera horizontal. DDT= Días después del transplante, \bar{X} = Promedio, SIG= Significancia, EEM = Error Estándar de la Media, DMS= Diferencia Mínima.

Cuadro 4. Componentes morfológicos, de *Amaranthus palmeri* S. Watson, en tierra típica de la región, cosechado a diferentes días después del transplante, primavera 2025, en el Sureste de Coahuila, México.

Comp.	Días Despues del Transplante (DDT)												\bar{X}	Sig.	EEM	DMS	
	14	25	32	39	46	53	60	67	74	81	88	95					
Rendimiento de MS (g)																	
Hoja	0.01 ^{Ab}	0.5 ^{Ab}	0.2 ^{Ab}	0.6 ^{Ab}	1.1 ^{Ab}	1.2 ^{Bb}	1.8 ^{Ab}	4.6 ^{ABa}	3.8 ^{BCa}	5 ^{Ca}	4.9 ^{Ba}	4.8 ^{BCa}	2.3 ^B	<0.0001	0.9	1.9	
Tallo	0.009 ^{ABb}	0.02 ^{Bb}	0.1 ^{Ab}	0.5 ^{ABb}	1 ^{Ab}	1.1 ^{BCb}	1.8 ^{Ab}	8.5 ^{Aa}	6.2 ^{ABA}	7.1 ^{Ba}	8.9 ^{Aa}	9 ^{Aa}	3.5 ^A	<0.0001	1.8	4	
Raíz	0.01 ^{Ac}	0.02 ^{ABC}	0.4 ^{Ac}	0.6 ^{ABC}	1.5 ^{Ac}	2.2 ^{Ac}	2.4 ^{Abc}	7.7 ^{Aab}	8.3 ^{Aa}	8.9 ^{Aa}	8.5 ^{Aa}	7.7 ^{ABab}	3.8 ^A	<0.0001	2.4	5.3	
Inf.	0.002 ^{Bc}	0.01 ^{Bc}	0.1 ^{Ac}	0.1 ^{Bc}	0.2 ^{Bc}	0.3 ^{Cbc}	0.6 ^{Bbc}	1.3 ^{Bab}	1 ^{Cabc}	0.6 ^{Dbc}	0.7 ^{Cabc}	1.8 ^{Ca}	0.5 ^C	<0.0001	0.5	1.1	
Total	0.03 ^b	0.6 ^b	0.8 ^b	1.8 ^b	3.8 ^b	4.8 ^b	6.6 ^b	22.2 ^a	19.4 ^a	21.6 ^a	23 ^a	23.3 ^a	10	<0.0001	4.7	10.3	
\bar{X}	0.009 ^b	0.003 ^b	0.2 ^b	0.5 ^b	1 ^b	1.2 ^b	1.7 ^b	5.5 ^a	4.9 ^a	5.4 ^a	5.8 ^a	5.8 ^a	2.7 ^a	<0.0001	1.2	2.6	
Sig.	0.01	0.04	0.03	0.2	0.007	0.009	0.3	0.007	0.007	<0.0001	<0.0001	0.0006	<0.0001				
EEM	0.004	0.02	0.2	0.4	0.3	0.4	1.2	2.7	2.4	0.9	0.7	2.1	0.5				
DMS	0.008	0.03	0.4	0.5	0.6	0.8	2.2	5	4.5	1.7	1.3	4	1				
Rendimiento de MS (%)																	
Hoja	35 ^{Aba}	49.9 ^{Aa}	37 ^{Aab}	35.6 ^{Aab}	28.2 ^{ABb}	25.2 ^{Bb}	26.8 ^{Ab}	22 ^{ABb}	20 ^{BCb}	22.8 ^{Cb}	21.2 ^{Bb}	23.6 ^{Bb}	28.8 ^B	<0	8.9	19.5	
Tallo	26.3 ^{ABab}	16.5 ^{Bb}	17.3 ^{Ab}	27.2 ^{ABab}	26.9 ^{Bab}	23.5 ^{Bab}	27.8 ^{Aab}	38.5 ^{Aa}	34.4 ^{Abab}	32.7 ^{Bab}	39 ^{Aa}	40 ^{Aa}	29 ^B	0	9.1	19.9	
Raíz	33.5 ^{Aa}	21.3 ^{Ba}	38.5 ^{Aa}	29.9 ^{Aa}	39.9 ^{Aa}	44.8 ^{Aa}	35.2 ^{Aa}	33.1 ^{Aa}	39.5 ^{Aa}	41.6 ^{Aa}	36.8 ^{Aa}	29 ^{ABa}	35.4 ^A	0.3	11.4	24.9	
Inf.	5.2 ^{Ba}	12.3 ^{Ba}	7.2 ^{Aa}	7.4 ^{Ba}	5.1 ^{Ca}	6.5 ^{Ca}	10.3 ^{Aa}	6.4 ^{Ba}	6 ^{Ca}	2.8 ^{Da}	3.1 ^{Ca}	7.5 ^{Ca}	6.8 ^C	0.4	7.5	16.3	
\bar{X}	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25				
Sig.	0.1	0	0.2	0.1	0	<0	0.6	0	0	<0	<0	0	<0				
EEM	13.3	14.3	17.3	11.9	6.5	5.8	16.4	9.7	10.1	2.9	2.6	5.1	3.3				
DMS	25	26.9	32.5	22.3	12.2	10.9	30.8	18.3	19	5.5	4.9	9.6	6.1				

Letras mayúsculas diferentes, muestran diferencias estadísticas ($p<0.05$) representan el análisis realizado de forma vertical, mientras que las letras minúsculas iguales no presentan diferencias estadísticas ($p>0.05$) muestran el análisis realizado de manera horizontal. DDT= Días después del transplante, \bar{X} = Promedio, SIG= Significancia, EEM = Error Estándar de la Media, DMS= Diferencia Mínima, Comp = Componente, Inf= Inflorescencia.

Cuadro 5. Componentes morfológicos, analizados en *Amaranthus palmeri*, cosechado a diferentes días después del transplante en la estación de primavera 2025, en el Sureste de Coahuila, México, para sustrato (tratamiento 2).

Comp.	Días Despues del Transplante (DDT)											X̄	Sig.	EEM	DMS		
	14	25	32	39	46	53	60	67	74	81	88						
Aportación de componentes Morfológicos al Rendimiento Total (g MS planta ⁻¹)																	
Hoja	0.01 ^{Ag}	0.02 ^{Ag}	0.3 ^{Afg}	0.6 ^{ABefg}	0.8 ^{Bef}	1.2 ^{Bde}	1.3 ^{Bde}	1.8 ^{Ccd}	2.3 ^{Bbc}	2.5 ^{Bab}	3 ^{Ba}	3 ^{Ba}	1.4 ^A	<0.0001	0.3	0.7	
Tallo	0.008 ^{ABd}	0.02 ^{Ad}	0.1 ^{ABd}	0.4 ^{ABcd}	0.4 ^{Bcd}	0.9 ^{Bc}	0.9 ^{Bc}	2.8 ^{Bb}	2.4 ^{Bb}	2.5 ^{Bb}	4.2 ^{Ba}	4.1 ^{ABa}	1.9 ^C	<0.0001	0.3	0.7	
Raíz	0.01 ^{ABd}	0.02 ^{Ad}	0.2 ^{ABd}	0.8 ^{Ac}	2.4 ^{Abc}	4.2 ^{Aab}	3 ^{Ab}	4 ^{Aab}	4.5 ^{Aab}	4 ^{Aab}	5.5 ^{Aa}	5.4 ^{Aa}	3 ^B	<0.0001	1	2.2	
Inf.	0.006 ^{Ac}	0.02 ^{Ac}	0.05 ^{Bbc}	0.05 ^{Bc}	0.1 ^{Bbc}	0.1 ^{Bbc}	0.1 ^{Bbc}	0.2 ^{Dabc}	0.4 ^{Cab}	0.1 ^{Cbc}	0.3 ^{Cabc}	0.6 ^{Ca}	0.2 ^B	0.0002	0.2	0.4	
Total	0.003 ^e	0.08 ^e	0.7 ^e	1.9 ^{de}	3.7 ^{cd}	6.5 ^{bc}	5.3 ^c	8.8 ^b	9.6 ^b	9.1 ^b	13 ^a	13.1 ^a	6.5	<0.0001	1.5	3.2	
X̄	0.009 ^e	0.02 ^e	0.2 ^e	0.5 ^{de}	0.9 ^{cd}	1.6 ^{bc}	1.3 ^c	2.2 ^b	2.4 ^b	2.3 ^b	3.3 ^a	3.3 ^a	1.6	<0.0001	0.4	0.8	
Sig.	0.006	0.01	0.001	0.02	0.0002	<0.0001	0.0006	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001		
EEM	0.005	0.005	0.1	0.3	0.5	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4	0.6	0.8	0.1				
DMS	0.009	0.01	0.2	0.6	0.9	1.2	1.1	0.8	0.7	0.8	1.2	1.5	0.3				
Aportación de componentes Morfológicos al Rendimiento Total (%)																	
Hoja	42.2 ^{Aa}	30.3 ^{Aabc}	36.7 ^{Ab}	30.6 ^{ABabc}	22.9 ^{Bbc}	20 ^{Bc}	24.8 ^{Bbc}	20.5 ^{Cc}	23.9 ^{Bbc}	27.4 ^{Babc}	23.2 ^{Bbc}	24 ^{Bbc}	27.2 ^B	0	6.8	14.9	
Tallo	22.2 ^{ABabc} ^d	18.3 ^{Abcd}	20.1 ^{ABbcd}	18 ^{ABbcd}	12.1 ^{Cd}	13.9 ^{Bcd}	18 ^{BCbcd}	31.9 ^{Ba}	25 ^{Babc}	27.7 ^{Bab}	32.8 ^{Ba}	32 ^{Aba}	22.6 ^B	<0	5.1	11.1	
Raíz	25.2 ^{ABf}	27.1 ^{Aef}	30.6 ^{ABdef}	48 ^{Aabcd}	61.5 ^{Aab}	64.4 ^{Aa}	54.3 ^{Aabc}	45.2 ^{Abcde}	46.8 ^{Aabcd}	43.6 ^{Abcdef}	41.7 ^{Acdef}	36.5 ^{Acdef}	44.1 ^A	<0	8.5	18.5	
Inf.	10.4 ^{Bb}	24.4 ^{Aa}	12.6 ^{Bab}	3.4 ^{Bb}	3.5 ^{Cb}	1.7 ^{Cb}	2.9 ^{Cb}	2.4 ^{Db}	4.4 ^{Cb}	1.3 ^{Cb}	2.2 ^{Cb}	7.6 ^{Cb}	6.1 ^C	<0	5.9	12.8	
X̄	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25				
Sig.	0.1	0.6	0.1	0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0				
EEM	12.4	8	10.7	14.5	5.6	3.9	8.9	4	3.7	3.6	3.8	5.1	2.8				
DMS	23.3	15.1	20	27.2	10.5	7.3	16.6	7.6	6.9	6.7	7.1	9.5	5.2				

Letras mayúsculas diferentes, muestran diferencias estadísticas ($p<0.05$) representan el análisis realizado de forma vertical, mientras que las letras minúsculas iguales no presentan diferencias estadísticas ($p>0.05$) muestran el análisis realizado de manera horizontal. DDT= Días después del transplante, X̄ = Promedio, SIG= Significancia, EEM = Error Estándar de la Media, DMS= Diferencia Mínima, Comp = Componente, Inf= Inflorescencia.

Cuadro 6. Relación hoja-tallo en *Amaranthus palmeri*, cosechado a diferentes días después del transplante en la estación de primavera, 2025, en el Sureste de Coahuila, México.

TRAT	Días Despues del Transplante (DDT)												X	SIG	EEM	DMS
	14	25	32	39	46	53	60	67	74	81	88	95				
T	1.8 ^{Abc}	3.4 ^{Aa}	2.1 ^{Aab}	1.3 ^{Abc}	1.1 ^{Bbc}	1.1 ^{Abc}	1 ^{Bbc}	0.7 ^{Ac}	0.6 ^{Bc}	0.7 ^{Bc}	0.5 ^{Bc}	0.6 ^{Bc}	1.3 ^A	<0.0001	0.6	1.4
S	1.9 ^{Aab}	1.8 ^{Aab}	2 ^{Aa}	1.8 ^{Aab}	1.9 ^{Aab}	1.5 ^{Aabc}	1.4 ^{Aabc}	0.6 ^{Ac}	1 ^{Abc}	1 ^{Abc}	0.7 ^{Ac}	0.8 ^{Ac}	1.4 ^A	<0.0001	0.5	1
X	1.8 ^{ab}	2.6 ^a	2.1 ^{ab}	1.6 ^{bc}	1.5 ^{bc}	1.3 ^{bc}	1.2 ^{bc}	0.7 ^c	0.8 ^c	0.8 ^c	0.6 ^c	0.7 ^c	1.3	<0.0001	0.6	1
SIG	0.7	0.1	0.9	0.4	0.004	0.4	0.02	0.4	0.2	0.02	0.2	0.03	0.3			
EEM	0.7	1	1.3	0.4	0.1	0.3	0.1	0.4	0.2	0.07	0.1	0.05	0.4			
DMS	1.3	1.7	2.2	0.6	0.3	0.5	0.2	0.7	0.3	0.1	0.2	0.08	0.4			

Letras minúsculas iguales, no muestran diferencias significativas ($p>0.05$). TRAT= Tratamiento, DDT= Días después del transplante, X = Promedio, SIG= Significancia, EEM = Error Estándar de la Media, DMS= Diferencia Mínima Significativa, T= Tierra típica de la región, S= Sustrato

Cuadro 7. Peso seco de la hoja (g MS hoja⁻¹) y peso seco del tallo (g MS tallo⁻¹) de *Amaranthus palmeri*, cosechado durante 95 días después del transplante en la estación de primavera en el Sureste de Coahuila, México.

TRAT	Días Despues del Transplante (DDT)											X	SIG	EEM	DMS	
	14	25	32	39	46	53	60	67	74	81	88					
Rendimiento de Materia Seca de Hoja (g MS planta ⁻¹)																
T	0.009 ^{Ab}	0.03 ^{Ab}	0.2 ^{Ab}	0.6 ^{Ab}	1.1 ^{Ab}	1.2 ^{Ab}	1.8 ^{Ab}	4.6 ^{Aa}	3.8 ^{Aa}	5 ^{Aa}	4.9 ^{Aa}	3.5 ^{Aa}	2.2 ^A	<0.0001	0.9	1.9
S	0.01 ^{Ag}	0.02 ^{Ag}	0.3 ^{Afg}	0.6 ^{Aefg}	0.8 ^{Adf}	1.6 ^{Ade}	1.3 ^{Ade}	1.8 ^{Bcd}	2.3 ^{Bbc}	2.5 ^{Bab}	3 ^{Ba}	2.5 ^{Aa}	1.4 ^B	<0.0001	0.7	1.4
X	0.01 ^c	0.03 ^c	0.3 ^{bc}	0.6 ^{bc}	1 ^{bc}	1.4 ^{bc}	1.6 ^b	3.2 ^a	3.1 ^a	3.8 ^a	4 ^a	3 ^a	1.8 ^a	<0.0001	1	1.5
SIG	0.06	0.6	0.9	0.8	0.5	0.1	0.4	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.4	0.1		
EEM	0.002	0.01	0.3	0.4	0.2	0.8	0.6	1.1	0.9	1	0.7	1.6	0.3			
DMS	0.004	0.03	0.6	0.7	0.4	1.7	1.1	1.9	1.6	1.8	1.3	2.8	0.6			
Rendimiento de Materia Seca de Tallo (g MS planta ⁻¹)																
T	0 ^{Ab}	0 ^{Ab}	0.1 ^{Ab}	0.5 ^{Ab}	1 ^{Ab}	1.1 ^{Ab}	1.8 ^{Ab}	8.5 ^{Aa}	6.2 ^{Aa}	7.1 ^{Aa}	8.9 ^{Aa}	6.2 ^{Aa}	3.5 ^A	<0	1.8	4
S	0 ^{Ad}	0 ^{Ad}	0.1 ^{Ad}	0.4 ^{Ad}	0.4 ^{Bd}	0.9 ^{Ac}	0.9 ^{Ac}	2.8 ^{Bb}	2.4 ^{Bb}	2.5 ^{Bb}	4.2 ^{Ba}	3.2 ^{Ba}	1.6 ^B	<0	0.3	0.7
X	0 ^c	0 ^c	0.1 ^{bc}	0.5 ^{bc}	0.7 ^{bc}	1 ^{bc}	1.4 ^b	5.4 ^a	4.3 ^a	4.8 ^a	6.6 ^a	4.7 ^a	2.7	<0	1	1.5
SIG	0.1	0.3	0.9	0.9	0.1	0.3	0.2	0.2	0.1	0	0	0.2	0			
EEM	0	0	0.2	0.4	0.2	0.3	0.6	3	1.2	1.3	0.8	3	1.4			
DMS	0	0	0.3	0.7	0.4	0.5	1	5.2	2.2	2.3	1.5	5.3	1.2			

Letras minúsculas iguales, no muestran diferencias significativas (p>0.05). TRAT= Tratamiento, DDT= Días después del transplante, X = Promedio, SIG= Significancia, EEM = Error Estándar de la Media, DMS= Diferencia Mínima Significativa, T= Tierra típica de la región, S= Sustrato.

Cuadro 8. Altura de planta (cm) en *Amaranthus palmeri*, cosechado a diferentes días después del transplante en la estación de primavera, 2025, en el Sureste de Coahuila, México.

TRAT	Días Despues del Transplante (DDT)												\bar{X}	SIG	EEM	DMS
	14	25	32	39	46	53	60	67	74	81	88	95				
T	5.5 ^{Ah}	8.5 ^{Agh}	12.7 ^{Afgh}	14.8 ^{Aefgh}	17 ^{Adefgh}	19.5 ^{Acdefg}	23.2 ^{Abcdef}	25.9 ^{Abcde}	28.2 ^{Abcd}	31.4 ^{Aabc}	34 ^{Aab}	42.6 ^{Aa}	21.9 ^A	<0.0001	8.5	12.7
S	5 ^{Ai}	6.3 ^{Bhi}	7.7 ^{Bhi}	8.8 ^{Bgh}	10.6 ^{Bfg}	13 ^{Bef}	15.5 ^{Bde}	17.5 ^{Bd}	20.5 ^{Bc}	23.4 ^{Bb}	25.2 ^{Bb}	28 ^{Ba}	15.1 ^B	<0.0001	1.9	2.8
\bar{X}	5.2 ^h	7.4 ^{gh}	10.3 ^{fgh}	11.8 ^{efgh}	13.8 ^{defg}	16.2 ^{def}	19.3 ^{cde}	21.7 ^{bcd}	24.4 ^{bc}	27.4 ^{ab}	29.6 ^{ab}	35.3 ^a	18.5	<0.0001	7.6	7.9
SIG	0.3	0.1	0.2	0.1	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.3	0.3	0.2	<0.0001			
EEM	1.6	1.5	3.4	3.9	5.5	5.6	7.2	8.5	10.1	11.4	13	15.9	2.5			
DMS	1.7	1.5	3.8	3.9	5.6	5.6	7.2	8.6	10.2	11.6	13.2	16.1	2.2			

Letras minúsculas iguales, no muestran diferencias significativas ($p>0.05$). TRAT= Tratamiento, DDT= Días después del transplante, \bar{X} = Promedio, SIG= Significancia, EEM = Error Estándar de la Media, DMS= Diferencia Mínima Significativa, T= Tierra típica de la región, S= Sustrato

Cuadro 9. Número de hojas en *Amaranthus palmeri*, cosechado a diferentes días después del transplante en la estación de primavera, 2025, en el Sureste de Coahuila, México.

TRAT	Días Despues del Transplante (DDT)												\bar{X}	SIG	EEM	DMS
	14	25	32	39	46	53	60	67	74	81	88	95				
T	19.3 ^{Ag}	50.6 ^{Afg}	97.7 ^{Aefg}	112.5 ^{Aef}	126.1 ^{Adef}	157.3 ^{Acde}	181.8 ^{Acde}	193.4 ^{Abcd}	222.4 ^{Aabc}	262.5 ^{Aab}	283.7 ^{Aab}	301.3 ^{Aa}	166.3 ^A	<0.0001	56.9	85.2
S	12.9 ^{Ai}	27.2 ^{Bhi}	54 ^{Bgh}	72 ^{Bfg}	94.9 ^{Bef}	122.5 ^{Bde}	140.8 ^{Bd}	163.7 ^{Bc}	177.6 ^{Bc}	193.5 ^{Bbc}	214 ^{Bab}	223.9 ^{Ba}	124.3 ^B	<0.0001	19.2	28.7
\bar{X}	16.1 ^j	38.9 ^{ji}	75.9 ^{hi}	92.3 ^{gh}	110.5 ^{fgh}	139.9 ^{efg}	161.3 ^{def}	178.6 ^{cde}	200 ^{bcd}	228 ^{abc}	248.9 ^{ab}	262.6 ^a	146.1	<0.0001	49.4	51.6
SIG	0.5	0.3	0.2	0.4	0.3	0.4	0.2	0.6	0.6	0.6	0.8	0.7				
EEM	10	17.3	33.5	36.2	36	54.1	40	59	76.5	85.4	107.1	104.7	14.6			
DMS	10.1	17.5	33.9	36.6	36.4	54.7	40.5	59.7	77.4	86.4	108.4	105.9	13.1			

Letras minúsculas iguales, no muestran diferencias significativas ($p>0.05$). TRAT= Tratamiento, DDT= Días después del transplante, \bar{X} = Promedio, SIG= Significancia, EEM = Error Estándar de la Media, DMS= Diferencia Mínima Significativa, T= Tierra típica de la región, S= Sustrato

Cuadro 10. Diámetro de tallos (mm) en *Amaranthus palmeri*, cosechado a diferentes días después del transplante en la estación de primavera 2025, en el Sureste de Coahuila, México.

TRAT	Días Despues del Transplante (DDT)												\bar{X}	SIG	EEM	DMS
	14	25	32	39	46	53	60	67	74	81	88	95				
T	0.6 ^{Af}	2 ^{Aef}	2.2 ^{Bef}	2.9 ^{Adef}	5 ^{Bbcd}	5.4 ^{Bcde}	6.3 ^{Abc}	7.6 ^{Bab}	7.4 ^{Bab}	7.7 ^{Bab}	9 ^{Ba}	9.7 ^{Aa}	5.8 ^B	<0.0001	1.3	5.2
S	0.8 ^{Ag}	2.2 ^{Afg}	3.8 ^{Aefg}	4 ^{Aef}	5.9 ^{Acde}	6.3 ^{Adef}	6.5 ^{Acde}	8.5 ^{Aabc}	8.7 ^{Aabc}	10.3 ^{Aab}	11 ^{Aa}	7.9 ^{Bbcd}	6.4 ^A	<0.0001	1.4	5.2
\bar{X}	0.7 ^g	2.1 ^{fg}	3 ^{fg}	3.4 ^{ef}	5.5 ^{cde}	5.9 ^{def}	6.4 ^{bcd}	8.1 ^{abc}	8.1 ^{abc}	9 ^{ab}	10 ^a	8.8 ^{ab}	5.9	<0.0001	1.5	2.5
SIG	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	1	0.3	0.1	0.3	0.4	<0.0001			
EEM	0.2	0.2	0.9	0.7	0.5	0.5	0.7	2.6	1.2	0.8	1.1	1.9	0.8			
DMS	0.2	0.3	1.5	1.4	0.9	0.8	1.2	4.5	2.1	1.4	2	1.9	0.7			

Letras minúsculas iguales, no muestran diferencias significativas ($p>0.05$). TRAT= Tratamiento, DDT= Días después del transplante, \bar{X} = Promedio, SIG= Significancia, EEM = Error Estándar de la Media, DMS= Diferencia Mínima Significativa, T= Tierra típica de la región, S= Sustrato

Cuadro 11. Largo de raíz (cm) en *Amaranthus palmeri*, cosechado a diferentes días después del transplante en la estación de primavera, 2025, en el Sureste de Coahuila, México.

TRAT	Días Despues del Transplante (DDT)												\bar{X}	SIG	EEM	DMS
	14	25	32	39	46	53	60	67	74	81	88	95				
T	9.8 ^{Ade}	7 ^{ae}	21.8 ^{Acde}	47.8 ^{Aab}	30.8 ^{Acd}	37.9 ^{Aabc}	39.3 ^{Babc}	45.4 ^{Aab}	47.4 ^{Bab}	55.4 ^{Aa}	51.8 ^{Aab}	49.3 ^{Aab}	42.6. ^A	<0.0001	10.2	22.2
S	7.3 ^{Ad}	6.8 ^{Ad}	9 ^{Bd}	32.8 ^{Bbc}	32.5 ^{Ac}	32 ^{Bc}	45 ^{Aabc}	42.7 ^{Aabc}	52.9 ^{Aa}	45.5 ^{Babc}	49.6 ^{Aab}	38.8 ^{Babc}	37.3 ^B	<0.0001	7.9	17.2
\bar{X}	8.6 ^c	6.9 ^c	15.4 ^c	40.3 ^{ab}	31.7 ^b	35 ^b	42.2 ^{ab}	44.1 ^{ab}	50.2 ^a	50.5 ^a	50.7 ^a	44 ^{ab}	40	<0.0001	9.1	13.4
SIG	2.6	0.6	0.3	0.2	0.004	0.4	0.6	0.2	0.2	0.5	1	0.009	0.0004			
EEM	0.4	0.6	9.5	11.8	1.6	6.9	8.9	4.9	8.7	12.2	10.3	5.3	3.03			
DMS	4.6	1	16.7	20.7	2.8	12.1	15.7	8.6	15.3	21.5	18.2	5.4	3.1			

Letras minúsculas iguales, no muestran diferencias significativas ($p>0.05$). TRAT= Tratamiento, DDT= Días después del transplante, \bar{X} = Promedio, SIG= Significancia, EEM = Error Estándar de la Media, DMS= Diferencia Mínima Significativa, T= Tierra típica de la región, S= Sustrato

Cuadro 12. Área foliar (cm) en *Amaranthus palmeri*, cosechado a diferentes días después del transplante en la estación de primavera, 2025, en el Sureste de Coahuila, México.

TRAT	Días Despues del Transplante (DDT)											X	SIG	EEM	DMS	
	14	25	32	39	46	53	60	67	74	81	88					
T	656106	713142	741661	770179	1277910	1218825	1356366	1328361	1059497	1018009	902554	87515	910411	<0.0001	178762	389953
	Ad	Acd	Acd	Acd	Aab	Bab	Ba	Aa	A abc	A abcd	Abcd	Abcd	A	<0.0001	104533	228031
S	497350	568985	604803	640621	1261090	1342311	1524715	1309043	738496	763372	895601	859229	886483			
	Be	Bde	Bde	Bde	Ab	Aab	Aa	Aab	Bcd	Bcd	Ac	Ac	A	<0.0001	132685	216393
X	576728	641064	673232	705400	1269500	1280568	1440540	1318702	898996	890690	899078	867192	898447.3			
	e	de	cde	cde	a	A	A	a	bcd	bcd	b	bc				
SIG	0.3	0.8	0.9	0.9	0.4	0.5	0.04	0.9	0.3	0.2	0.7	0.8	0.6			
EEM	116967	192224	257984	328851	101280	140229	53611.5	134085	264585	158877	91633	126727	124129.8			
DMS	205393	337541	453015	577456	177846	246241	94141	235451	464607	278986	160906	128201	125574			

Letras minúsculas iguales, no muestran diferencias significativas ($p>0.05$). TRAT= Tratamiento, DDT= Días después del transplante, X = Promedio, SIG= Significancia, EEM = Error Estándar de la Media, DMS= Diferencia Mínima Significativa, T= Tierra típica de la región, S= Sustrato.