





Efecto del compost con bagazo de lechuguilla en el crecimiento de *Agave salmiana*

Effect of compost with lechuguilla bagasse on *Agave salmiana* growth

Aida Isabel Leal-Robles¹ , Alonso Mendez-Lopez¹ , Aimir Hidalgo-De Leon² , María Fernanda Pérez-Rivera³ , Juan Antonio Núñez-Colima^{4*} 

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Botánica. Calzada Antonio Narro, 1923, Buenavista, CP. 25315. Saltillo, Coahuila, México.

²Tecnológico Nacional de México Campus Frontera Comalapa. Carretera Fra. Comalapa-Huixnaya Km 1.5, CP. 30149. Comalapa, Chiapas, México.

³Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Botánica, Ingeniería en Agrobiología. Calzada Antonio Narro, 1923, Buenavista, CP. 25315, Saltillo, Coahuila, México.

⁴Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Recursos Naturales. Calzada Antonio Narro, 1923, Buenavista, CP. 25315. Saltillo, Coahuila, México.

*Autor de correspondencia: juan.anunezc@uaaan.edu.mx

Artículo científico

Recibido: 14 de marzo 2024

Aceptado: 03 de diciembre 2024

RESUMEN. México alberga el 75% de todas las especies de agaves en el mundo, la especie *Agave salmiana* se ha utilizado para elaborar pulque, mientras que el *Agave lechuguilla* se utiliza para la elaboración de fibras generando un residuo sin uso (bagazo). Diversas especies son propagadas a través de hijuelos lo cual las hace susceptibles a su entorno, así como a plagas y enfermedades. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el uso de diferentes sustratos a base de compost en el crecimiento de *A. salmiana*. El estudio se desarrolló en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila México. Se estableció bajo un diseño experimental completamente al azar con cinco repeticiones por cada tratamiento. Los tratamientos (sustratos) fueron peat Moss, compost de bagazo de *A. lechuguilla* con estiércol + peat Moss y compost de bagazo de *A. lechuguilla* con estiércol. Se evaluó el diámetro de la roseta, longitud de hoja, longitud de raíz, así como peso fresco y peso seco al final del experimento. Se realizó un análisis de medidas repetidas en el tiempo, así como un ANOVA para cada muestreo de las variables anteriormente mencionadas. El sustrato con la combinación del compost de *A. lechuguilla* con estiércol más peat Moss fue el tratamiento que generó los mayores valores de diámetro de roseta, largo de la hoja, y peso fresco. Por lo que el uso de composta a base de agave lechuguilla con estiércol más peat Moss favorece el crecimiento y desarrollo de plántulas de *A. salmiana*.

Palabras clave: Agave, compost, sustratos, crecimiento.

ABSTRACT. Mexico is home of 75% of all agave species in the world. *Agave salmiana* has been used to prepare pulque, while *Agave lechuguilla* is used to make fibers, generating an unused residue (bagasse), several species are propagated through shoots, which makes them susceptible to their environment, as well as to pests and diseases. The aim of this study was to evaluate different substrates in the growth of *A. salmiana*. The study was developed at the Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro in Saltillo, Coahuila, Mexico. It was established under a completely randomized experimental design with five repetitions for each treatment. The treatments (substrates) were peat Moss, manure with *A. lechuguilla* bagasse compost + peat Moss, and manure with *A. lechuguilla* bagasse compost. Rosette diameter, leaf length, root length, as well as fresh weight and dry weight at the end of the experiment were evaluated. A repeated measures analysis was performed over time, as well as an ANOVA for each sample of the variables mentioned above. The combination of *A. lechuguilla* with manure compost with peat Moss was the treatment that generated the highest values of rosette diameter, leaf length, and fresh weight. Therefore, the use of compost based on lechuguilla agave with manure plus peat Moss favors the growth and development of *A. salmiana* seedlings.

Keywords: Agave, compost, substrates, growth.

Como citar: Leal-Robles AI, Mendez-Lopez A, Hidalgo-De Leon A, Pérez-Rivera MF, Núñez-Colima JA (2024) Efecto del compost con bagazo de lechuguilla en el crecimiento de *Agave salmiana*. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios Núm. Esp. IV: e4066. DOI: 10.19136/era.a11nIV.4066.

INTRODUCCIÓN

Los recursos vegetales en las zonas semidesérticas se caracterizan por tener estructuras morfo y fisiológicas que les permiten adaptarse a las condiciones adversas del medio, los agaves son un grupo botánico representativo de las regiones áridas en México (García-Mendoza 2023). Las plantas del género *Agave* surgieron hace ocho millones de años y tuvieron como centro de origen a México, distribuyéndose a lo largo del continente americano; dicho grupo taxonómico de plantas han desarrollado estrategias adaptativas a su medio como su metabolismo tipo CAM, la conservación de azúcares, agua y formación de fibras (CONABIO 2021).

México alberga aproximadamente el 75% de todas las especies de agave a nivel mundial (García-Mendoza 2023), además del valor ecológico y adaptaciones biológicas que distingue a las especies de agave; como su alta capacidad para retener agua y acumulación de azúcares en su etapa vegetativa, los pobladores de las zonas desérticas han aprovechado estas plantas como materia prima para elaborar diversos productos (Barrientos *et al.* 2019) como bebidas alcohólicas, fibras e inclusive para producir biocombustibles (Kumar y Ram 2021, Robles y Cruz 2023). Los pobladores de ejidos en el sureste de Coahuila realizan diversas actividades como el aprovechamiento de los agaves; producción de aguamiel y pulque, así como la obtención de fibras como materia prima para la elaboración de cuerdas, cepillos, estropajos y otros artículos de limpieza (Flores 2018).

La especie *Agave salmiana*, conocida comúnmente como agave verde o pulquero se utiliza para la elaboración de pulque (Trejo *et al.* 2022), esta especie es propagada a través de hijuelos. A pesar de lo anterior, el número de plantas obtenidas es bajo, además, al ser una forma de propagación vegetativa, hay una disminución en la variabilidad genética de la especie (Arrazola- Cardenas *et al.* 2020). Se ha estimado que una planta de agave puede llegar a producir hasta 65 000 semillas, aunque no todas sean viables, se considera que son un recurso importante para obtener mayor número de plántulas comparado con la reproducción asexual por hijuelos (Candia-Acosta *et al.* 2019), sin asegurar la calidad productiva de las plantas (Flores-Morales *et al.* 2021). Las semillas son recursos fitogenéticos que favorecen la adaptación de las plantas a su entorno, de acuerdo con Mandujano *et al.* (2018) cuando disminuye la variabilidad genética de una población de agaves aumenta la susceptibilidad a la incidencia de plagas y enfermedades, presentan poca adaptación a los cambios climáticos, lo que aumenta su riesgo de extinción; por lo tanto, asegurar el establecimiento de cultivares con plantas provenientes de semillas, es una estrategia para la conservación de características benéficas del plantío.

El *Agave lechuguilla* o lechuguilla es utilizado para obtener fibras a partir de hojas jóvenes que crecen en el centro de la roseta, denominados cogollos; el procesamiento de esta fibra llamada ixtle genera un residuo o bagazo que los campesinos acumulan a campo abierto, sin darle uso, convirtiéndose en un desecho potencial para su procesamiento (Villavicencio-Gutiérrez *et al.* 2021). En años recientes, diversos grupos de investigación se han interesado en estudiar los compuestos que contiene el bagazo de *Agave lechuguilla* de los cuales se ha reportado moléculas de interés como las saponinas y flavonoides o bien para su uso como biomasa para la producción de biocombustibles (Carmona *et al.* 2017).

Un uso alternativo que los mismos productores de lechuguilla pueden aprovechar para sus cultivos, es la obtención de compostas al mezclar el bagazo con el sirre de ganado bovino, al respecto Córdova *et al.* (2022) indican que los desechos orgánicos se pueden reutilizar mediante el proceso de compostaje, dando un valor a los residuos obtenidos de las mismas prácticas agrícolas. Mientras que, Cotrina-Cabello *et al.* (2020) enfatizan el aprovechamiento del estiércol para elaborar compost, siendo una alternativa amigable con el ambiente, al nutrir el suelo sin contaminarlo y al disminuir los desechos animales. Por su parte, Escudero-Enriquez *et al.* (2021) reconoce que el compostaje es una alternativa al desecho generado por la industria de transformación del agave, debido a la necesidad que existe en preservar e incrementar el número de plantas de *A. salmiana* sin ser clonadas y así promover la germinación de semillas y del mismo modo evaluar el compost obtenido del procesamiento del “bagazo” de *A. lechuguilla* con sirre de bovino. Por lo anterior se estableció como objetivo evaluar el uso de diferentes sustratos a base de compost en el crecimiento de *A. salmiana*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta de material biológico

Las semillas de *A. salmiana* se colectaron en septiembre de 2022 y el bagazo de *Agave lechuguilla* que fue empleado para elaborar la composta se obtuvo en el mes de abril del mismo año, en el ejido Jalpa del municipio de General Cepeda, Coahuila, ubicado a una latitud de 25.5° 30' 10.1" norte, longitud -101° 42' 11.2" oeste y altitud de 1 353 m, temperaturas anuales máxima 24.5 °C y mínima de 11.1 °C y precipitación anual de 409.1 mm (CONAGUA 2024).

El compost fue elaborado en las instalaciones del área de agroecología del Departamento de Botánica, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio (UAAAN), durante los meses de agosto-diciembre de 2022. Se preparó una cama sobre el suelo con dimensiones de 1 m por 2.5 m, con una cubierta de bagazo y otra de estiércol de vaca, hasta la formación de cuatro capas de ambos materiales; posteriormente se hidrató y cubrió con un plástico negro, cada cinco días se aplicaron riegos, se homogenizaron manualmente los materiales durante la descomposición, después de cuatro meses el material obtenido, fue tamizado para eliminar material no degradado y favorecer su interacción con los sustratos del estudio.

Establecimiento del experimento

El estudio fue desarrollado en el jardín botánico Ing. Gustavo Aguirre Benavides del Departamento de Botánica en la UAAAN. Las semillas de *A. salmiana* se limpiaron y se eliminaron aquellas que no fueran viables, una vez seleccionadas, se contabilizaron en lotes de 50 semillas, para posteriormente desinfectarse y sumergirlas en agua durante 24 h. Se establecieron tres tratamientos de sustrato; sustrato A (SA) consistió en 100% de mezcla de peat Moss (agrolita: vermiculita 8:1:1), sustrato B (SB) 50% de mezcla peat Moss y 50% de compost y el sustrato C (SC) fue el 100% de compost.

Los sustratos anteriormente mencionados se hidrataron y vertieron en charolas de plástico sin división de 35 cm de ancho por 60 cm de largo y 5 cm de profundidad con domo y drenaje en el

fondo, transcurridas las 24 h de hidratación de las semillas, se retiró el agua y con una pinza se procedió a sembrar 50 semillas por charola. Se tuvieron en total tres charolas por cada tipo de sustrato, cada charola se etiquetó con la fecha inicial de siembra, se cubrieron con un domo de plástico, y se colocaron sobre las mesas del área de aclimatación del Jardín Botánico, a partir del primer día de la siembra se regaron diariamente, durante los primeros 15 días, posteriormente cada tercer día.

Registro de variables agronómicas

Se seleccionaron cinco individuos de cada charola y durante los meses de abril, mayo y junio de 2023 (etapa de crecimiento) se evaluó la longitud de hojas y grosor de la roseta con la ayuda de un flexómetro (Truper®) y vernier (Steren® Digital Caliper), transcurridos nueve meses, las plantas alcanzaron el tamaño y número de hojas adecuados para el trasplante, por lo tanto se realizó la evaluación final de las variables mencionadas anteriormente, además se realizó un muestreo destructivo para obtener los valores de largo de raíz, peso fresco y peso seco como referencia de su crecimiento desde la etapa de germinación y plántula.

Análisis Estadísticos

Se estableció un diseño completamente al azar donde se aleatorizaron los tratamientos, posteriormente se realizó un análisis de medidas repetidas en el tiempo (abril, mayo y junio de 2023), para las variables grosor de roseta y longitud de hoja. Para la evaluación final (diciembre 2023) se realizó el Análisis de varianza de un factor para las variables (grosor de roseta, longitud de hoja, largo de raíz, peso fresco de raíz, peso seco raíz), para cada uno de los análisis se les aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa computacional estadístico IBM.SPSS 26, con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$.

RESULTADOS

Grosor de roseta

El grosor de la roseta fue estadísticamente diferente con el paso del tiempo ($F = 69.61$, g.l. = 2,84, $P = 0.00$), así como en la interacción tiempo por tratamiento ($F = 17.05$, g.l. = 4,84, $P = 0.00$), del mismo modo en cada uno de los meses de crecimiento inicial, hubo diferencia en el grosor de la roseta abril 2023 ($F = 12.58$, g.l. = 2, 44, $P = 0.00$), Mayo 2023 ($F = 20.45$, g.l. = 2, 44, $P = 0.00$) y junio 2023 ($F = 24.85$, g.l. = 2, 44, $P = 0.00$). El tratamiento durante los meses de la etapa de crecimiento (Tabla 1) en el que se alcanzó mayor grosor de roseta fue el compost con peat Moss (SB) con una media de 8.78 mm, seguido por el peat Moss (SA) con 6.62 mm y por último el compost (SC) con 4.18 mm.

Tabla 1. Efecto de los diferentes sustratos en las medias del grosor de la roseta y longitud de la hoja en durante las evaluaciones de los meses de crecimiento \pm la desviación estándar.

Fechas de evaluación Tratamientos *	30 de abril		30 de mayo		30 de junio	
	GR	LH	GR	LH	GR	LH
SA	5.45 \pm 1.37 ^b	4.16 \pm 0.81 ^a	6.98 \pm 1.49 ^b	4.68 \pm 0.84 ^b	7.42 \pm 1.34 ^b	5.07 \pm 0.79 ^b
SB	6.78 \pm 1.81 ^a	3.95 \pm 0.70 ^a	9.49 \pm 3.41 ^a	5.65 \pm 0.93 ^a	10.08 \pm 3.42 ^a	6.16 \pm 1.11 ^a
SC	4.07 \pm 1.16 ^c	3.08 \pm 0.77 ^b	4.19 \pm 1.24 ^c	3.36 \pm 0.72 ^c	4.3 \pm 1.28 ^c	3.77 \pm 0.93 ^c

SA: sustrato peat Moss, SB: sustrato compost+peat Moss, SC: sustrato compost, GR: Grosor de roseta, LH: Longitud de hojas. ^zMedias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey \leq 0.05)

Longitud de la hoja

La longitud de la hoja fue estadísticamente diferente para cada uno de los tratamientos con el transcurso de los meses (F = 104.61, g.l. = 2, 84, P = 0.00), así como en la interacción tiempo por tratamiento (F = 17.49, g.l. = 4, 84, P = 0.00), los meses abril 2023 (F = 8.21, g.l. = 2, 44, P = 0.01), mayo 2023 (F = 27.98, g.l. = 2, 44, P = 0.00) y junio 2023 (F = 21.41, g.l. = 2, 44, P = 0.00), también se presentaron diferencias entre tratamientos como se indica en el Tabla 1. El tratamiento que registró una mayor longitud de hoja en la etapa de crecimiento fue el sustrato con peat Moss (SB) con una media de 5.25 cm, seguido por el peat Moss (SA) con 4.64 cm y el tratamiento que reportó un menor incremento fue el de compost (SC) con una media de 3.40 cm.

Variabes morfométricas (finales)

En la evaluación final de las variables de peso fresco y peso seco de toda la planta, como referencia de su crecimiento desde la etapa de germinación hasta la etapa vegetativa juvenil se obtuvo que, el tratamiento que favoreció el crecimiento de las estructuras vegetativas de la planta fue el de compost más peat Moss, seguido del sustrato de peat Moss 100% y por último el de solo compost, además, fueron estadísticamente diferentes para grosor de roseta (F = 30.83, g.l. = 2, 39, P = 0.00), longitud de hoja (F = 15.45, g.l. = 2, 39, P = 0.00), largo de raíz (F = 24.66, g.l. = 2, 39, P = 0.00), peso fresco (F = 25.73, g.l. = 2, 39, P = 0.00), sin embargo para la variable peso seco únicamente se observó diferencia numérica (F = 1.068, g.l. = 2, 39, P = 0.354), como se puede observar en la tabla 2.

Tabla 2. Efecto de los diferentes sustratos en las variables morfométricas de *A. salmiana* a los nueve meses después de la siembra \pm la desviación estándar.

Tratamiento	GR	LH	LR	PF	PS
SA	10.50 \pm 2.34 ^a	5.94 \pm 1.21 ^b	6.96 \pm 2.22 ^a	2.11 \pm 0.83 ^b	0.17 \pm 0.12 ^a
SB	12.08 \pm 2.28 ^a	7.66 \pm 1.21 ^a	6.34 \pm 2.54 ^a	3.85 \pm 1.27 ^a	0.32 \pm 0.49 ^a
SC	4.87 \pm 2.27 ^b	4.85 \pm 1.32 ^b	1.32 \pm 0.43 ^b	1.160 \pm 0.467 ^c	0.14 \pm .30 ^a

SA: sustrato peat Moss, SB: sustrato compost+peat Moss, SC: sustrato compost, GR: Grosor de roseta, valor en mm, LH: Longitud de hojas, valor en cm, LR: longitud de raíz, valor en cm, PF: peso fresco, valor en g, PS: peso seco, valor en gr. ^z Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey \leq 0.05).

DISCUSIÓN

Grosor de roseta

El grosor de la roseta fue mayor en las plántulas del sustrato SB, que contenía una proporción de 50% de compost (bagazo de lechuguilla con estiércol) y 50% de la mezcla de peat Moss: agrolita: vermiculita, materiales que aportan tanto materia orgánica, con características más apropiadas para la aireación y retención del agua, necesarias para la nutrición y crecimiento de las planta, diversos autores han analizado el crecimiento de diferentes especies de *Agave* con sustratos orgánicos de distintas fuentes. En el estudio de Cruz *et al.* (2019) reportaron que al incrementar la cantidad de turba en el sustrato (66.6 y 75 %) las plantas de *A. americana* alcanzaban un tamaño mayor lo que indicaba que el incremento de tamaño se encuentra en función de la cantidad de materia orgánica disponible y de la fertilización básica con la solución Steiner (100 %) en conjunto con arena lo que proporcionó aireación y filtración.

Por otra parte Prisa (2023) indicó que la calidad de las plantas cultivadas está estrechamente influenciado por las propiedades físico-químicas de los sustratos utilizados, los resultados de su investigación, al utilizar compost de material vegetal y bagazo de olivo en diferentes concentraciones como sustrato para el crecimiento de *A. victoria-reginae* y *A. striata* demostraron que el crecimiento de las plantas se relaciona directamente con la proporción de compost empleado, que en su caso fue el derivado del bagazo de olivo el que dio mejores resultados.

Longitud de hoja

En las hojas se encuentra el tejido especializado en realizar la fotosíntesis, presenta estomas necesarios para la transpiración, en las plantas que crecen en ambientes áridos se han observado algunas modificaciones como el área foliar, su orientación respecto a la incidencia de la luz, la estructura carnosa resultado de la acumulación de agua en las vacuolas del tejido parenquimático, además de la presencia de abundantes fibras que les dan rigidez y evitan la deformación de las hojas (Nieto *et al.* 2016). Esta variable puede ser un índice de la actividad metabólica, ya que este incremento está relacionado con la condición nutricional del sustrato, así como por la interacción con otros factores abióticos como temperatura, humedad y pH (Carrillo-Sauceda *et al.*, 2022). De forma similar Arrazola-Cárdenas *et al.* (2020) evaluaron el crecimiento de plántulas de *A. salmiana* en dos sustratos, uno a base de perlita y tezontle, y el otro a base de una mezcla de aserrín de quiote de agave y perlita más el riego con solución Steiner, obtuvieron una mayor longitud y ancho de las hojas, así como del número de hojas desplegadas, al recibir el riego con solución Steiner al 25% en sustrato de perlita y tezontle. Por su parte, Ríos-Ramírez *et al.* (2021) al evaluar el crecimiento de plantas de *A. angustifolia* al aplicar diferentes concentraciones de ferti-riego, obtuvieron incrementos en la longitud y volumen de las hojas en relación positiva a la cantidad de nutrimentos que recibían. Al considerar que la nutrición mineral es necesaria para favorecer el crecimiento y desarrollo de las plantas que reciben fertilización por vía riego o bien contenida en el sustrato, como lo fue el compost que se implementó en el presente estudio, de la misma forma que, Morales-Maldonado *et al.* (2022) demostraron que los mejores resultados para las variables agronómicas que evaluaron en hojas *A. salmiana* los obtuvieron al utilizar un sustrato de 75% de humus de lombriz, 20% de arena y 5% de suelo de hojarasca, un sustrato enriquecido con materia orgánica.

VARIABLES MORFOMÉTRICAS DE DESARROLLO

Una vez transcurrido el tiempo establecido para el crecimiento de las plantas, los mayores valores de longitud de hoja y grosor de roseta se obtuvieron en los agaves que crecieron en el sustrato SB, tal como se registró en las primeras etapas de crecimiento y consideradas estadísticamente diferentes, comparadas con las mediciones de los otros dos sustratos utilizados. Estos resultados coinciden con lo propuesto por Fregoso-Zamorano *et al.* (2023) quienes indicaron que, el rendimiento del cultivo de *A. tequilana* se incrementa y optimiza cuando hay un aporte nutrimental, como los que ofrecen los abonos orgánicos y el compost. En este trabajo, el bagazo de lechuguilla composteado con estiércol de bovino, fue el elemento nutricional que contribuyó al crecimiento de las plantas, resultados similares reportaron Rosales-Serna *et al.* (2022) al obtener mayores diámetros de roseta en plantas de maguey cenizo (*Agave durangensis*) al adicionar compost como nutriente comparado con la fertilización comercial. Dominguez y Espinoza (2021) obtuvieron resultados similares a los del presente estudio utilizando peat Moss y tierra negra, obteniendo un incremento en la disponibilidad de nutrientes y en consecuencia un mejor desarrollo de la raíz.

Los valores de la longitud de la raíz fueron estadísticamente mayores en los sustratos B y A con respecto a la longitud en las plantas del sustrato C, los dos primeros sustratos tienen agrolita y perlita, materiales inertes adicionados para favorecer la porosidad al sustrato permitiendo la formación de espacios que retienen la humedad (Enriquez-del-Valle *et al.* 2023). Esta condición permite la expansión de las raíces para mejorar la absorción de agua y nutrientes, de igual manera Sánchez *et al.* (2020) reportaron una mayor longitud de raíces de *Agave angustifolia* cuando crecieron con mezclas de componentes orgánicos (turba y tierra de maceta) e inorgánicos (arena y gravilla) respecto a las de la mezcla testigo (inorgánicos). En el presente estudio se atribuye el bajo crecimiento de las raíces en el sustrato C, a la textura altamente compacta que adquirió el compost con el riego constante, que limitan los espacios de aire y en consecuencia el crecimiento de las raíces. El uso de compost mezclado con peat Moss, es una alternativa que disminuye los costos de producción y favorece el desarrollo de estructuras anatómicas como las hojas y raíces, Caballero-Salinas *et al.* (2020) indicaron que el uso de sustratos alternativos para la germinación y el crecimiento de plantas es necesario, debido a que uno de los materiales más comunes que se utilizaba para dichos fines, es el peat Moss, sin embargo su costo es elevado y en los últimos años se ha puesto especial atención en su uso, ya que proviene de un musgo que ha sido explotado indiscriminadamente.

En el estudio realizado por Ríos-Ramírez (2021) reportaron que si las plantas reciben los nutrientes necesarios para la cumplir con sus funciones metabólicas como lo es la fotosíntesis, su eficiencia para la asimilación de C constituye aproximadamente de un 40 a 50% de la materia seca vegetal y el cual se interpreta como la producción de materia orgánica. Los resultados obtenidos con relación a los valores de peso fresco fueron de 3.85 g en SB seguido por SA (2.11 g) y por último SC (1.16 g) en correspondencia a las variables de longitud de hoja y diámetro de roseta que se presentaron en el mismo orden de acuerdo al sustrato utilizado (B, A y C). Bänzinger *et al.* (2016) reportan que en las plantas jóvenes se acumula una mayor cantidad de agua, debido a su demanda en procesos fisiológicos como el transporte de minerales y fotosíntesis, por lo tanto su peso fresco va en aumento y en consecuencia, el incremento de los valores de peso seco, así mismo, González *et al.* (2018) relacionan los valores de peso seco estrechamente, con los procesos metabólicos de la fotosíntesis

y respiración, pero, percibiendo fluctuaciones ligadas a los factores climáticos, así como a las características propias de las plantas (estructura foliar y etapa fenológica).

De forma similar Morales-Maldonado *et al.* (2022) reportaron valores mayores en el peso fresco en las plantas *A. salmiana* que crecieron en sustratos con mayor contenido de materia orgánica (75-50% de humus de lombriz), en *A. potatorum* también se registraron valores de peso fresco mayores en plantas que recibieron fertilización en dosis altas respecto a las de menor dosis, por otra parte el incremento del peso se pudo haber atribuido a la longitud de las raíces y la capacidad que tienen al absorber agua y aumentar el peso *per se*. El peso seco de las plantas que crecieron en sustrato B obtuvieron un valor de 0.32 g, en el A y C de 0.17 g y 0.14 g respectivamente, sin observarse una diferencia estadística, al respecto Canales-Sosa *et al* (2021) refiere que la materia seca es un aspecto agronómico indicador de la nutrición de los cultivos sugiriendo utilizar abonos orgánicos como opción para favorecer la productividad de los agaves.

CONCLUSIONES

El crecimiento de *Agave salmiana* es viable con el uso de diferentes sustratos, la combinación de compost derivado del bagazo de *Agave lechuguilla* con estiércol en conjunto con peat Moss favorece el crecimiento y desarrollo de plántulas de *A. salmiana*. Por lo tanto se recomienda utilizar dicha mezcla como medio de crecimiento y fuente de nutrientes en las primeras etapas de crecimiento. Es viable el aprovechamiento del bagazo de *A. lechuguilla* para producir compost, con el objetivo de aprovechar los residuos agrícolas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Sr. Juan Gamboa habitante del Ejido Jalpa por la donación de las semillas de *Agave salmiana*, del mismo modo se agradece a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por el financiamiento obtenido para el desarrollo del proyecto.

CONFLICTO DE INTERÉS

Todos los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

LITERATURA CITADA

Arrazola-Cárdenas L, García-Nava JR, Robledo-Paz A, Ybarra-Moncada MC, Muratalla-Lúa A (2020) Sustratos y dosis de fertirrigación en la acumulación de azúcares totales y el crecimiento de *Agave salmiana* (Asparagaceae). *Polibotanica* 50: 109-118. <http://dx.doi.org/10.18387/polibotanica.50>

- Barrientos RG, Esparza IEL, Segura PHR, Talavera MO, Sampedro RML, Hernández CE (2019) Caracterización morfológica de *Agave angustifolia* y su conservación en Guerrero, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10(3): 655-668. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.1554>
- Bänzinger M, Edmeades GO, Bolaños J (2016) Relación entre el peso fresco y el peso seco del rastrojo de maíz en diferentes estados fenológicos del cultivo. *Agronomía Mesoamericana* 8(1): 20-25. <https://doi.org/10.15517/am.v8i1.24719>
- Caballero-Salinas, JC, Ovando-Salinas, SG, Núñez-Ramos, E, Aguilar-Cruz, F (2020). Sustratos alternativos para la producción de plántulas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en Chiapas. *Siembra* 7(2): 14-21. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.1916>
- Canales-Sosa E, Paredes-Castrejón Jm, Solís-Martínez M, Soto-Vargas R. (2021) Crecimiento del agave mezcalero (*Agave cupreata* Trel y Berger) por la adición de abonos orgánicos. *Foro de Estudios sobre Guerrero* 8(1): 673-678.
- Candia-Acosta JA, Díaz-Vasquez MA, Torres HSI, Quiroz-Arratia JA, Dominguez-Calleros PA (2019) Germinación de semillas de *Agave durangensis* bajo diferentes coberturas en Durango, México. *Revista Mexicana de Agroecosistemas* 6(1): 18-27.
- Carmona JE, Morales-Martínez TK, Solange IM, Castillo-Quiroz D, Ríos-González LJ (2017) Propiedades químicas, estructurales y funcionales de la lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 8 (42): 100-122. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i42.21>
- Carrillo-Saucedo SM, Puente-Rivera J, Montes-Recinas S, Cruz-Ortega R (2022) Las miicorrizas como una herramienta para la restauración ecológica. *Acta Botanica Mexicana* 129: e1932. <http://doi.org/10.21829/abm129.2022.1932>
- CONABIO (2021) Diversidad biológica Magueyes. Biodiversidad mexicana. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/magueyes/diversidad-magueyes#>. Fecha de consulta 27 de febrero de 2024.
- CONAGUA (2024) Normales climatológicas por Estado. Coahuila. <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=coah>. Fecha de consulta 23 de febrero de 2024.
- Córdova, PJ, Vargas, GB, Naranjo, VE, Vega CP (2022) Obtención de compost a partir de hojas de mora y estiércol de cuy. *Perfiles* 28(1): 29-35.
- Cotrina-Cabello VR, Alejos-Patiño IW, Cotrina-Cabello GG, Córdova-Mendoza P, Córdova-Barrios I (2020) Efecto de abonos orgánicos en suelo agrícola de Purupampa Panao, Perú. *Centro Agrícola* 47(2): 31-40.
- Cruz GH, Campos ÁGV, Enríquez del Valle JR, Velasco VVA (2019) Desarrollo de plantas micropropagadas de *Agave americana* var. *Oaxacensis* durante su aclimatización en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10(7): 1491-1503.
- Domínguez-Liévano A, Espinosa-Zaragoza S (2021) Evaluación de sustratos alternativos en la germinación y crecimiento inicial de *Hymenaea courbaril* L. en condiciones de vivero *Revista Forestal del Perú* 36 (1): 107-117. <http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v1i36.1707>
- Escudero-Enriquez E, Lara MOD, Martínez GSI, Gutiérrez-Antonio G (2021) Bagazo de agave, la otra cara (valiosa) de la producción de tequila. *Naturaleza y Tecnología* 2: 55-67.
- Enriquez-del-Valle JR, Chávez-Cruz IL, Rodríguez-Ortiz G, Campos-Ángeles GV (2023) Vitroplantas de *Agave angustifolia* Haw. Obtenidas en ambientes de incubación contrastantes, aclimatación en diferentes sustratos. *Revista Fitotecnia Mexicana* 46(3): 291-298.
- Enríquez-del Valle JR, Rodríguez-Ortiz G, Velasco-Velasco VA, López-Hernández E (2021) Fertilización durante la aclimatación en invernadero de plantas de *Agave potatorum* micropropagadas. *Revista Mexicana de Agroecosistemas* 8(1): 36-45.
- Flores DMP (2018) La lechuguilla. Un recurso olvidado. *Bordeando el Monte* 51: 1-8.

- Flores-Morales A, Chávez-Avila VM, Jiménez-Estrada M (2021) Alternativa de propagación de maguey pulquero (*Agave salmiana*) variedad púa larga. *Revista Mexicana de Agroecosistemas* 8(1): 46-58.
- Fregoso-Zamorano BE, Mancilla-Villa OR, Guevara-Gutiérrez RD, Moreno-Hernández A, Figueroa-Bautista P, Can-Chulim A, Hernández-Vargas O, Cruz-Crespo E, Ortega-Escobar HM, Khalil Gardezi A, Villalvazo-López VM (2023) Caracterización edafológica con cultivo de agave azul (*Agave tequilana* Weber) en Tonaya y Tuxcacuesco, Jalisco, México. *Terra Latinoamericana* 4: 1-14 <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1592>
- García-Mendoza AJ (2023) Actualización de la información de las especies y subespecies de magueyes de Oaxaca, con énfasis en las especies mezcaleras. Versión 1.7. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. México. <https://doi.org/10.15468/k5vr8h>
- González AD, Álvarez HU, Lima OR (2018) Acumulación de biomasa fresca y materia seca por planta en el cultivo intercalado caupí – sorgo. *Revista Centro Agrícola* 45(2): 77-82.
- Kumar A, Ram C (2021) Agave biomass: a potential resource for production of value-added products. *Environmental Sustainability* 4: 245-259. <https://doi.org/10.1007/s42398-021-00172-y>
- Mandujano BA, Pons HJL, Paredes MR, García MP (2018) Diversidad genética de maguey (*Agave* spp) en las sierras y llanuras del norte de Guanajuato. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9(3): 511-523.
- Morales-Maldonado ER, Gutiérrez-Rojas M, Holguín-Peña RJ, Ruiz-Juárez D, Vega-Chávez J, Reyes-Godoy AC (2022) Effect of Nitrogen, Phosphorus and Potassium on regional organic substrates in *Agave salmiana* production in Huichapan, Hidalgo México. *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 24: 203-219. <https://doi.org/10.56890/jpacd.v24i.511>
- Nieto AR, Vargas MJ, Nieto A JC, Rodríguez OA, Jiménez PVM, Hernández CJ, Ortiz BM (2016) El cultivo de maguey pulquero (*Agave salmiana*) en el valle del mezquite. Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. México. 53p
- Prisa D (2023) Alternative substrates based on green compost in *Agave victoria-reginae* and *Agave striata minima*. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences* 24(03): 22-27. <https://doi.org/10.30574/gscbps.2023.24.3.0357>
- Ríos-Ramírez SC, Enríquez-del Valle JR, Ruíz-Luna J, Velasco-Velasco VA (2021) El crecimiento de *Agave angustifolia* Haw. con relación a la condición nutrimental. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 12(5): 865 -873.
- Robles AMA, Cruz GAE (2023) Agave: importancia y aplicaciones en México. *CienciAcierta* 76: 264-288.
- Rosales-Serna R, Ríos-Saucedo JC, Rodríguez-Vargas JH, Nava-Berumen A, Sierra-Zurita D, Santana-Espinoza S, Rosales-Mata S (2022) Crecimiento y acumulación de azúcares en maguey cenizo cultivado en plantaciones comerciales con fertilización temprana. *AGROFAZ Journal of Environmental and Agroecological Sciences* 4(1): 41-48.
- Sánchez A, Coronel-Lara Z, Gutiérrez A, Coronado ML, Esqueda M (2020) Aclimatación y trasplante de vitroplantas de *Agave angustifolia* Haw. en condiciones silvestres. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11(7): 1593-1605. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i7.2403>
- Trejo L, De Lourdes Luz Velázquez M, Vallejo M, Montoya A (2022). Differentiating knowledge of *Agave landraces*, uses, and management in Nanacamilpa, Tlaxcala. *Journal of Ethnobiology* 42(1): 31-50. <https://doi.org/10.2993/0278-0771-42.1.31>.
- Villavicencio-Gutiérrez EE, Cano-Pineda A, Castillo-Quiroz D, Hernández-Ramos A, Martínez-Burciaga OU (2021) Manejo forestal sustentable de los recursos no maderables en el semidesierto del norte de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 12 (Especial-1): 1-33. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12iEspecial-1.1083>.