

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA**



Germinación y desarrollo vegetativo de Agave Oaxaca (*Agave angustifolia Haw*) aplicando aminoácidos.

Por:

DORA ACELA GUDIÑO RODRÍGUEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

ING. AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Torreón, Coahuila, México

Agosto, 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Germinación y desarrollo vegetativo de Agave Oaxaca (*Agave angustifolia Haw*) aplicando aminoácidos.

POR:

DORA ACELA GUDIÑO RODRÍGUEZ

Trabajo de TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

ING. AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el comité de asesoría:



Ph.D. Pedro Cano Ríos
Asesor principal



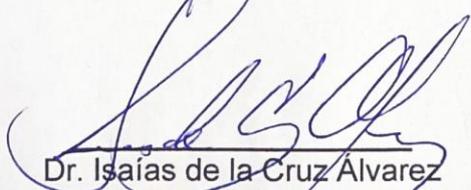
Ph.D. Vicente de Paul
Álvarez Reyna
Coasesor



Ing. Juan de Dios
Ruíz de la Rosa
Coasesor



Dr. Guillermo
González Cervantes
Coasesor Externo



Dr. Isaías de la Cruz Álvarez
Coordinador Interino de División de Carreras Agronómicas
Torreón, Coahuila, México, Agosto 2021

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Germinación y desarrollo vegetativo de Agave Oaxaca (*Agave angustifolia Haw*) aplicando aminoácidos.

POR:

DORA ACELA GUDIÑO RODRÍGUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

ING. AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el comité de asesoría:



Ph.D. Pedro Cano Ríos
Asesor principal



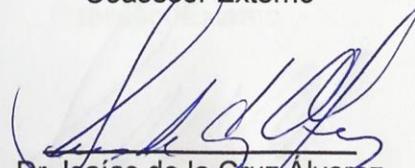
Ph.D. Vicente de Paul
Álvarez Reyna
Coasesor



Dr. Guillermo
González Cervantes
Coasesor Externo



Ing. Juan de Dios
Ruíz de la Rosa
Coasesor



Dr. Isaías de la Cruz Álvarez
Coordinador Interino de División de Carreras Agrícolas

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Torreón, Coahuila, México, Agosto 2021

AGRADECIMIENTOS

A mi “Alma Terra Mater” por permitirme formarme en sus aulas y apoyo brindado para hacer este logro posible.

A mis Maestros, por cada una de sus enseñanzas, historias, consejos que se me brindaron y haberme guiado en todo momento.

A mi asesor principal el Ph.D. Pedro Cano Ríos, por compartirme su sabiduría, ser un ejemplo en mi vida, acompañarme en todos estos años, y siempre haber sido un apoyo e impulsarme en todo momento. GRACIAS.
“Conocimiento que no se comparte no es conocimiento”

Al Ph.D. Vicente de Paul Alvarez, por guiarme por el mejor camino, su apoyo en este proyecto y brindarme sus enseñanzas.

Al Ing. Juan de Dios de la Rosa por siempre motivarme a ser mejor, y brindarme su apoyo y comprensión.

Al laboratorio de Biotecnología NOA Torreón, por ser el primer lugar en abrirme las puertas como profesionista, y permitirme formar parte del mismo.

Al Dr. Guillermo González Cervantes, por su apoyo incondicional, compartir sus conocimientos y motivarme a la realización de este proyecto.

Al C.P. Oscar Villarreal, por su confianza brindada en mí, el apoyo que me ha dado, contribuir en el desarrollo de este proyecto y permitirme seguir formando parte de su equipo.

A la L.C. Ivonne, por ayudarme en todo momento, los conocimientos brindados, siempre ser una persona relajante y motivacional.

A Soledad Hernández, por ser la coincidencia más bonita de este año, todo el apoyo que me has dado sin pedir nada a cambio, acompañarme en toda la realización de este proyecto y más que nada por tu amistad.

A Mónica Mayte Pérez Naranjo, por estar conmigo desde el primer día hasta el final, agradezco haberte conocido, estar en mis días difíciles brindándome tu apoyo y cariño, permitirme formar parte de tu vida y ver todo el camino que has recorrido, estoy orgullosa de la persona que eres.

A Karen Geovana, por siempre brindarme tu apoyo, hacerme entrar en razón cuando era necesario, ser tan sincera, todas las risas y momentos que hemos compartido, no coincidimos como hubiéramos querido a lo largo de nuestra carrera, pero sé que tu amistad será única y duradera.

A mis compañeros de clase, por formar parte de grandes momentos en mi vida.

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso, por darme la vida, permitirme seguir adelante, guiar cada uno de mis pasos y nunca dejarme sola.

A mi mama, Dra. Dora Acela Rodríguez Díaz por darme la vida, guiarme, cuidarme y protegerme, en mi vida tú lo eres todo para mí, te amo y no va haber manera de devolverte tanto que me has dado, todos tus esfuerzos no han sido en vano porque gracias a ti hoy termino mi carrera profesional, todo lo que soy y seré es gracias más que nada a ti. “Y estas alas que tengo son tuyas también”

A mi abuelita, Dora Acela Díaz Carranza, la luz de mi vida, mi motivación más grande, gracias por todo el amor que me has dado por que en cada paso que doy sé que estás conmigo, porque gracias a ti estoy aquí en este momento, porque gracias a ti llevo este nombre que porto con gran orgullo porque te representa.

A mi abuelito y ahora colega el Ing. Hernán Rodolfo Rodríguez Mendoza, por el amor y apoyo que siempre me has dado, por compartirme tu sabiduría, tus historias y consejos, por motivarme a ser mejor y apostar siempre por mí.

A mi padrino Hernán Rodolfo Rodríguez Díaz, por estar siempre presente en mi vida, brindándome tu apoyo y consejo.

A mi hermano mayor, Luis Baltazar Gudiño Rodríguez, por ser el hombre de mi vida, protegerme, cuidarme y nunca dejarme sola, eres mi compañero de vida y siempre estaré contigo.

A mi hermana menor, Luisa Naomi Gudiño Rodríguez, porque el día que llegaste a mi vida abrí los ojos y me di cuenta que tengo que ser el ejemplo para ti, que mis esfuerzos son por ti también y en tu vida mientras yo esté aquí nunca te faltara nada.

RESUMEN

Esta investigación se llevó a cabo en el Centro Biotecnológico de micropropagación vegetal “Noa” en la ciudad de Torreón, con el propósito de conocer el efecto de la utilización de L-arginina y L- citrulina para germinación de semilla de *Agave Oaxaca* (*Agave angustifolia* Haw) y poder generar alternativas para su propagación.

Las variables evaluadas fueron porcentaje de germinación, altura de planta, ancho de hoja, numero de hojas, grosor raíz y largo de raíz. Los resultados de cada variable se analizaron mediante el paquete estadístico SAS. Las variables ancho de hoja, grosor de raíz y largo de raíz presentaron diferencias significativas. Los tratamientos con aminoácidos fueron estadísticamente superiores al testigo e iguales entre sí, con un promedio de 92% para citrulina y 85% para arginina, mientras que el testigo tuvo un porcentaje de germinación de 71.

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye, que la aplicación de aminoácidos (L-arginina y L-citrulina) contribuye a incrementar el porcentaje de germinación y desarrollo en semilla de agave Oaxaca (***Agave angustifolia* Haw**).

Palabras claves: L-arginina,L-citrulina,porcentaje,germinación.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	II
RESUMEN	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE CUADROS.....	VIII
SUMMARY	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS	3
OBJETIVO GENERAL	3
HIPOTESIS.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 ORIGEN DEL AGAVE.....	4
2.2 AGAVE ANGUSTIFOLIA HAW	4
2.2.1 Clasificación taxonómica.....	5
2.2.2 Descripción Botánica	5
2.2.3 Características del suelo y clima.....	6
2.3 REPRODUCCIÓN DEL AGAVE	7
2.3.1 Reproducción sexual.....	7
2.3.2 Reproducción asexual.....	7
2.4 APROVECHAMIENTO DEL AGAVE.....	8
2.5 SEMILLA.....	8
2.6 GERMINACIÓN DE SEMILLA.....	8
2.6.1 Imbibición de agua.....	9
2.6.2 Reactivación del metabolismo.....	9
2.6.3 Protuberancia de la radícula.....	11
2.7 AMINOÁCIDOS	11
2.8 L-ARGININA.....	12
2.7 L-CITRULINA	13
3. MATERIALES Y METODOS.....	15
3.1 UBICACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL.....	15
3.2 MATERIAL VEGETAL.....	15
3.3 TRATAMIENTOS.....	15
3.4 DESINFECCIÓN DE SEMILLA.....	16
3.5 SIEMBRA	16
3.6 APLICACIÓN DE AMINOÁCIDOS	17
3.7 RIEGO	17
3.8 APLICACIÓN DE FUNGICIDA	17
3.9 PASO DE PLÁNTULA A MACETA	17
3.10 TRASPLANTE DE PLANTA DE AGAVE OAXACA SELECCIONADAS A MACETA INDIVIDUAL	18
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	19
4.1 PORCENTAJE DE GERMINACIÓN.....	19

4.2 DINÁMICA DE LA GERMINACIÓN	20
4.3 MEDICIONES AÉREAS	21
4.3.1 <i>Altura de planta</i>.....	21
4.3.2 <i>Numero de hoja</i>.....	22
4.3.3 <i>Ancho de hoja</i>	22
4.4 MEDICIONES DE RAÍZ	23
4.4.1 <i>Longitud de raíz</i>.....	23
4.4.2 <i>Grosor de raíz</i>	23
5. CONCLUSIÓN.....	25
6. REFERENCIAS	26
7.ANEXOS.....	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución geográfica de <i>Agave Angustifolia</i> Haw	5
Figura 2. Partes del agave	6
Figura 3. Principales usos del <i>Agave</i> spp.....	8
Figura 4. Algunas enzimas inducidas por Gas.....	11
Figura 5. Formula general de un aminoácido.....	12
Figura 6. Formula de L-Arginina.....	12
Figura 7. Ciclo de la urea.....	13
Figura 8. Formula de L-citrulina.....	13
Figura 9. Siembra de agave Oaxaca (<i>Agave angustifolia</i> Haw). Laboratorio NOA 2021.....	16
Figura 10. Material para realización de siembra dentro de campana de flujo laminal. Laboratorio NOA 2021	17
Figura 11. Plántula de <i>Agave</i> Oaxaca. Laboratorio NOA 2021.....	18
Figura 12. Trasplante de plántula Agave Oaxaca. Laboratorio NOA 2021.....	18
Figura 13. Trasplante de plantas agave Oaxaca. Laboratorio NOA 2021.....	18
Figura 14. Porcentaje promedio de germinación y significancia de los tratamientos evaluados, de citrulina, arginina y el testigo. UAAAN-UL. 2021.....	19
Figura 15. Modelos de regresión lineal con sus respectivos r^2 para los tratamientos estudiados. UAAAN-UL.2021.....	20
Figura 16. Grafica de promedio de altura de planta en mm, de los tratamientos 90 días después de germinar UAAAN-UL.2021.....	21
Figura 17. Grafica de promedio de numero de hoja en mm, de los tratamientos 90 días después de germinar UAAAN-UL.2021.....	22
Figura 18. Grafica de promedio de ancho de hoja en mm, de los tratamientos 90 días después de germinar UAAAN-UL.2021.....	23
Figura 19. Grafica de promedio de longitud de raíz en mm, de los tratamientos 90 días después de germinar UAAAN-UL.2021.....	23

Figura 20. Grafica de promedio de grosor de raíz en mm, de los tratamientos 90 días después de germinar UAAAN-UL.2021.....24

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Desglosé de los tratamientos.....	15
Cuadro 2. Modelos de regresión, coeficiente de determinación (r^2) y pronóstico del porcentaje de los modelos obtenidos de los tratamientos estudiados a los 8 y 16 días después de la siembra. UAAAN-UL.2021.....	21

SUMMARY

This research was carried out at the "Noa" Plant Micropropagation Biotechnological Center in the Torreón city, with the purpose to evaluate the effect of the use of L-arginine and L-citrulline on seed germination of Agave Oaxaca (*Agave angustifolia* Haw) and to be able to generate alternatives for its propagation.

The variables evaluated were germination percentage, plant height, leaf width, number of leaves, root thickness and root length. The results of each variable were analyzed using the SAS statistical package. The variables of leaf width, root thickness and root length showed significant differences, the treatments with amino acids were statistically superior to the control and equal to each other, with an average of 92% for citrulline and 85% for arginine, while the control had a germination percentage of 71.

According to the results obtained, it is concluded that the application of amino acids (L-arginine and L-citrulline) contributes to increasing the percentage of germination and development in Oaxaca agave seed (*Agave angustifolia* Haw),

Keywords: L-arginine, L-citrulline, percentage, germination

1. INTRODUCCIÓN

La familia Agavaceae se distribuye en Canadá, Estados Unidos de América, México, Centroamérica y las Islas del Caribe. El género *Agave* es endémico del continente americano con aproximadamente 200 especies. De las cuales 75% existen en el territorio nacional e incluyen a 129 taxa endémicos, por lo que se considera a México como escenario del origen, diversidad y evolución del género *Agave*. Los magueyes son plantas adaptadas a condiciones de aridez, presentan raíces ramificadas y someras, poseen cutícula gruesa, son suculentas, tienen estomas hundidos y son perennes monocárpidas. Además, realizan metabolismo fotosintético tipo CAM (metabolismo ácido de las crasuláceas, por sus siglas en inglés).

En esta familia se encuentra el agave Oaxaca (*Agave angustifolia* Haw), utilizado en varios estados de la República Mexicana para la elaboración de licores como mezcal o bacanora, actividad que ha provocado su sobreexplotación y, en consecuencia, disminución de las poblaciones silvestres de esta especie (Barraza *et al.*, 2006). Los agaves se pueden reproducir sexual y asexualmente, comúnmente se reproducen de manera asexual, este tipo de reproducción favorece las producciones de grandes cantidades de planta, pero genera pérdida de diversidad genética, lo cual las hace más susceptible al ataque de plagas y enfermedades. La disminución de la diversidad genética reduce los procesos de adaptación a cambios ambientales y afecta su supervivencia a largo plazo, lo cual incrementa el riesgo de extinción (Bourguiba *et al.*, 2012 y Huang *et al.*, 2009).

Esto muestra la importancia de aumentar la variabilidad genética en el agave lo cual puede obtenerse por medio de la propagación por semilla, sin embargo, el porcentaje de germinación es menor y más tardío. La falta de un sistema eficiente de propagación y repoblación limita el aprovechamiento racional de esta especie, y en el peor de los casos puede provocar una reducción peligrosa de sus poblaciones debido a su sobreexplotación (Dominguez *et al.*, 2008).

En virtud de lo cual el objetivo de este proyecto es evaluar el uso de los aminoácidos arginina ($C_6H_{14}N_4O_2$) y citrulina ($C_6H_{13}N_3O_3$) sobre la germinación y desarrollo del agave Oaxaca (***Agave angustifolia* Haw**).

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar el efecto de los aminoácidos L-arginina y L-citrulina en el porcentaje de germinación de semilla agave Oaxaca (*Agave angustifolia Haw*) y en su desarrollo vegetativo.

HIPOTESIS

La aplicación de aminoácidos en semilla de agave Oaxaca (*Agave angustifolia Haw*) incrementa su porcentaje de germinación y desarrollo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen del Agave.

Desde hace unos 14 mil años, los antiguos habitantes de México y suroeste de los Estados Unidos quemaban y mascaban pedazos de maguey que, junto con los cactus, calabazas, chiles y huesos, han sido una constante arqueológica de varias cuevas a lo largo del tiempo. En excavaciones de Xochitécatl-Cacaxtla se encontraron casas asociadas a hornos para cocinar maguey, que datan de 400 a.C. En el sur de Arizona se han descubierto extensos cultivos de agave, acompañados de hornos con residuos carbonizados de inflorescencias, espinas y dientes de maguey, así como herramientas de piedra que la cultura Hohokam utilizaba para su despulpe alrededor de 1,400 d.C (Clementina *et al.*, 2021).

Durante el florecimiento de la cultura Azteca, el uso del agave tuvo mayor intensidad, ya que se utilizaba para obtener varias bebidas llamadas aguardientes, vinos de “mezcal” o licores. Posteriormente, los agaves se fueron domesticando y se mejoraron las especies para la obtención de aguamiel, pulque, fibra etc (González *et al.*, Quintos *et al.*, 2004).

El nombre de Agave, proviene del griego agaves, que significa noble, admirable, el cual fue utilizado por Linneo en 1753 en el documento *Species Plantarum* como consecuencia de las características de la planta: después de producir una inflorescencia -su único evento reproductivo en su vida-, que puede ser muy grande y espectacular, prosigue su muerte, por otro lado, se suman las propiedades y/o virtudes de la planta y su aprovechamiento (Ruíz *et al.*, 2020)

2.2 Agave Angustifolia Haw

El agave Oaxaca (*Agave angustifolia* Haw) tiene el rango de distribución más amplio de los agaves en América. Crece de manera natural desde Costa Rica hasta Tamaulipas y el noroeste de Sonora, en las costas del Atlántico y el Pacífico, siendo el agave más común en Sonora y en el bosque denso cercano a la costa de Sinaloa. Se utiliza para la producción de los aguardientes; mezcal

en Oaxaca y la única variedad permitida en la elaboración de la bacanora. (Guillot *et al.*, 2008).

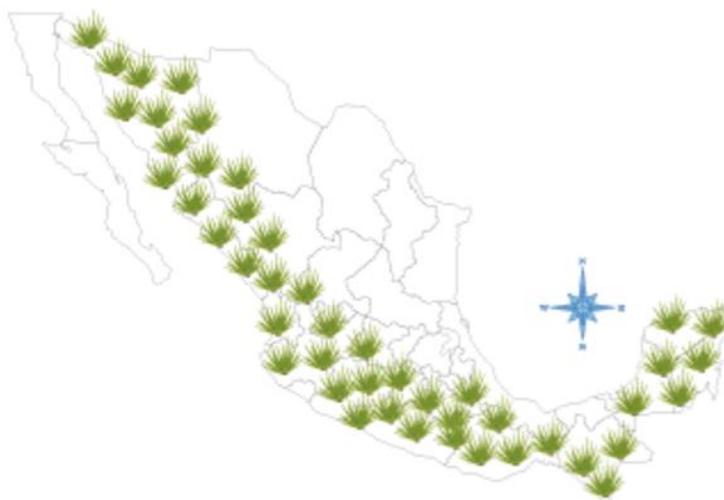


Figura 1. Distribución geográfica de *Agave Angustifolia* Haw

2.2.1 Clasificación taxonómica

La relación taxonómica para la principal especie de agave mezcalero cultivada en Oaxaca, según (Gentry *et al.*, 1982) es la siguiente:

División: Angiospermae

Clase: Monocotiledoneae

Orden: Liliales

Familia: Agavaceae

Subfamilia: Agavoideae

Género: Agave

Subgénero: Euagave

Grupo: Rigidae

Especie: Agave

Nombre científico: *Agave angustifolia* Haw.

Nombre común: Maguey espadín, maguey mezcalero, maguey.

2.2.2 Descripción Botánica

Su tallo es grueso y corto del que salen las hojas conocidas como pencas, son de color verde, gruesas y cóncavas, con púas en los bordes y una espina en

el extremo superior, hojas revestidas de una cutícula apergaminada muy resistente que le sirve para impedir la pérdida de agua, todas las hojas se encuentran colocadas alrededor del tallo formando una roseta.

Florece una vez en su vida; cuando está próximo a florecer sale del centro de la planta un escapo floral que se le da el nombre de “quiotte”, alcanza una altura de 3-5 metros, brotando en su parte superior la inflorescencia en forma de panícula (Villalvazo, *et al.*, 1986).

Las flores cuentan con seis tépalos, en general de color amarillo o dorado, pero también blanco y rojo. Los tépalos están soldados en la zona inferior, en un tubo, que puede ser largo o corto y posee una constricción sobre el ovario, que posee numerosos óvulos. Los estambres son seis, exertos, con anteras aplanadas. Las inflorescencias son, en general espectaculares, variando de 1'8 m a más de 12 m de longitud. El estilo de inflorescencia separa el género en dos subgéneros. Las raíces son fibrosas, con crecimiento radial. Las más viejas son gruesas, mientras las jóvenes son finas y muy ramificadas, lo que supone una adaptación para la captación de agua en zonas desérticas (Gentry, *et al.*, 1982).

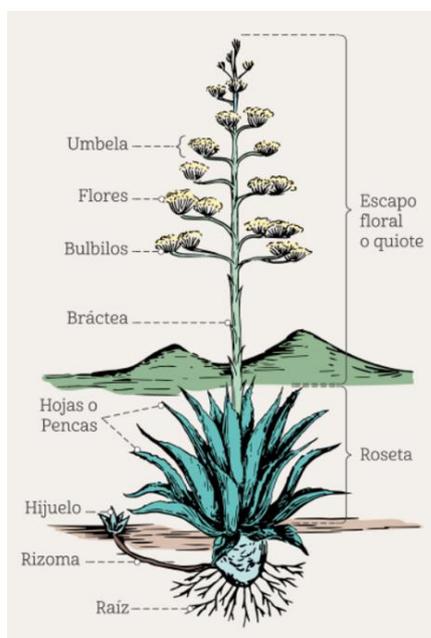


Figura 2. Partes del agave

2.2.3 Características del suelo y clima

En la gran parte de la República Mexicana, por sus condiciones poco lluviosas y suelo seco, características meteorológicas adecuadas para el crecimiento del agave (Loyola, *et al.*, 1956).

Agave angustifolia se desarrolla mejor con la presencia de lluvias de invierno o equinocciales que con las lluvias en el verano. Las características del suelo donde crece son las causas principales, ya que en verano existe muy baja retención de humedad, pérdida de nutrientes y altos niveles de escurrimiento con las lluvias intensas (Armenta-Calderón, *et al.*, 2002).

2.3 Reproducción del agave

El proceso de reproducción del Agave se da por dos formas: de manera sexual y asexual.

2.3.1 Reproducción sexual

La reproducción sexual se logra mediante la polinización que efectúan algunos animales, principalmente murciélagos nectarívoros y, en menor grado, insectos diurnos y nocturnos (palomillas, abejas, abejorros) y aves (colibríes, aves percheras) (García, *et al.*, 2007).

La reproducción sexual permite a través de un determinado potencial genético, adaptarse a condiciones ambientales particulares asegurando a través de su variabilidad genética la sobrevivencia de la especie, es decir, se produce la conquista de un nicho ecológico. La descendencia de una especie vegetal que se reproduce sexualmente, presenta individuos con fenotipos lo suficientemente parecidos como para reconocer la especie, pero no idénticos, evidenciando variaciones genéticas dentro del genotipo típico para ese caso (Barbat, *et al.*, 2006).

2.3.2 Reproducción asexual

La mayoría de los agaves se propaga de manera asexual, produciendo clones en diferentes partes de la roseta o la inflorescencia. Los hijuelos se desarrollan en la base de la planta, o mediante estolones emergen a alguna distancia de la planta madre, producen raíces y, con el tiempo, crecen de manera independiente. Los hijuelos intrafoliares se originan entre las hojas de la

roseta y se desarrollan cuando se desprenden de la planta madre o esta muere. Los bulbillos, en cambio, se originan en la inflorescencia junto a las flores (García, *et al.*, 2007).

2.4 Aprovechamiento del Agave.

Actualmente, en las diferentes regiones donde existen agaves, los usos, productos y parte de la planta que se utiliza, se muestran en la figura 3 (García, Méndez y Talavera *et al.*, 2011)

Usos	Producto	Parte de la planta
Alimentación	Azúcar	Tallo (piña)
	Guisos	Flores y frutos (cápsulas frescas)
	Dulce	Escapo floral (quiote)
	Envolver barbacoa	Hojas
	Mixiotes	Cutícula del cogollo
	Gusanos blancos, Gusanos rojos (Chinicuiles)	Hojas
	Pan de pulque	Tallo (piña)
	Tortillas	Perianto de flores + nixtamal
Bebidas	Aguamiel, miel, atole de aguamiel, Pulque, Mezcal, Tequila, Sotol, Bacanora, Vinagre, Jarabe.	Tallo (piña)
Agrícola	Cerca viva	Planta completa
	Evitar erosión como formadora de suelo	Planta completa
	Abono orgánico (fertilizante)	Composta de hojas
Forraje	Planta líder de ecosistemas	Planta completa
	Bovinos, caprinos, porcinos	Hojas, escapos florales, flores y parte de la inflorescencia, bagazo.

Figura 3. Principales usos del Agave spp.

2.5 Semilla

Las semillas son estructuras reproductoras que garantizan la supervivencia del embrión desde que este se separa de la planta progenitora hasta que se inicia el crecimiento de la plántula (Labrada, *et al.*, 2005).

Las semillas del Agave son de testa negra brillante, lacrimiformes (forma de lágrima) y planas (Vázquez *et al.*, 2011).

2.6 Germinación de semilla

La capacidad de germinación y el vigor son los atributos principales involucrados en la calidad fisiológica de la semilla. La germinación es el proceso fisiológico mediante el cual emergen y desarrollan, a partir del embrión, las estructuras esenciales para la formación de una planta normal (Delouche, *et al.*, 2002).

En general, el proceso de germinación se puede distinguir en tres fases:

fase I; imbibición de agua por semilla.

fase II, reactivación del metabolismo.

fase III, protuberancia de la radícula.

La fase más crítica es la fase II, mientras que los procesos fisiológicos y bioquímicos esenciales como la hidrólisis, la biosíntesis de macromoléculas, la respiración, las estructuras subcelulares y el alargamiento celular se reactivan dando como resultado el inicio de la germinación (Awatif y Alaaeldin *et al.*, 2017).

2.6.1 Imbibición de agua

La imbibición de agua por las sustancias de reserva en la semilla estimula al embrión a producir fitohormonas, principalmente ácido giberélico (GA), que puede difundirse a la capa de aleurona e iniciar una cascada de señalización que da como resultado la síntesis de α -amilasas y otras enzimas hidrolíticas (Awatif y Alaaeldin, *et al.*, 2017).

El agua llega al embrión a través de las paredes celulares de la cubierta seminal, siempre a favor de un gradiente de potencial hídrico. Aunque es necesaria el agua para la rehidratación de la semilla, un exceso de ella actuaría desfavorablemente para la germinación, pues dificultaría la llegada de oxígeno al embrión (Doria, *et al.*, 2010).

2.6.2 Reactivación del metabolismo.

Los procesos metabólicos relacionados con la germinación que han sido más estudiados son la respiración y la movilización de las sustancias de reserva (UPV, 2003).

2.6.2.1 Proceso de respiración.

El proceso de respiración toma tres rutas respiratorias- glucólisis, ciclo de las pentosas fosfato y ciclo de Krebs- son funcionales en las semillas embebidas. Estas producirán una serie de compuestos intermediarios del metabolismo vegetal, así como considerables cantidades de energía y poder reductor. El objetivo principal del proceso respiratorio es la formación de ATP y pirimidín nucleótidos, necesarios para la intensa actividad metabólica que tiene lugar durante la germinación (Doria et al.,2010).

Fase 1: La semilla comienza a hidratarse y en ese momento comienza la respiración.

Fase 2: Comienza la glucolisis, y con ella la fermentación láctica y alcohólica, provocando un aumento en la producción de CO₂. Esta fase es de respiración anaerobia, todavía independiente del O₂.

Fase 3: La glucolisis aumenta enormemente, y comienza el ciclo de Krebs y la cadena de transporte de electrones mitocondrial. Esta es la fase de respiración aerobia, es decir, dependiente de O₂.

Fase 4 Desciende la respiración y envejecen los cotiledones.

2.6.2.2 Movilización de sustancia de reserva.

Las semillas almacenan compuestos de reserva que movilizan durante la germinación y postgerminación y dan soporte a la plántula hasta que ésta puede ser autótrofa gracias a la activación de la fotosíntesis. Estos compuestos de almacén están constituidos principalmente por tres grupos: carbohidratos, lípidos y proteínas (Lara y Diaz, *et al.*,2011).

Para que las sustancias de reserva puedan entrar a formar parte del metabolismo heterotrófico de la plántula, es necesaria una hidrólisis previa de las mismas; de este modo dichas sustancias podrán ser conducidas desde los órganos de reserva a estos órganos en crecimiento activo, a través de las rutas celulares correspondientes (Matilla, *et al.*, 2000)

Función	Enzima	Síntesis	Secretada
Hidrólisis del almidón	a-amilasas	de novo	sí
	b-amilasas	-	-
	a-glucosidasas	de novo	sí
Hidrólisis de lípidos	malato sintetasa	-	no
	isocitrato liasa	-	no
Hidrólisis de proteínas	carboxipeptidasas	-	sí
	cisteína proteinasas	de novo	sí
Hidrólisis de ácidos nucleicos Degradación de la pared celular	RNasas	de novo	sí
	xilanasas	de novo	sí
	arabinasas	-	sí
	(1-3, 1,4)-b-glucanasa	de novo	sí
Metabolismo del fósforo	fosfatasa	-	sí

Figura 4. Algunas enzimas inducidas por Gas

Las enzimas degradan las reservas de la semilla y ponen a disposición del embrión no sólo los nutrientes, sino también energía generada por la fermentación y la respiración de los sustratos solubilizados. Es así como los hidratos de carbono insolubles (almidón, inulina) son degradados por hidrolasas a monosacáridos solubles, como la glucosa, fructosa, etc., (Lara y Díaz, *et al.*, 2011).

2.6.3 Protuberancia de la radícula.

Se conoce como emergencia radicular el proceso por el cual la radícula o el eje embrionario atraviesan los tejidos envolventes y pasan de un metabolismo preferentemente anaerobio a otro típicamente aerobio. La emergencia marca el fin de la germinación y el comienzo del crecimiento de la plántula.

2.7 Aminoácidos

Los aminoácidos son las unidades básicas que forman las proteínas, las proteínas participan en el crecimiento y desarrollo de tejidos vegetales. En su forma enzimática, participan en procesos de división celular, transporte de membranas, catálisis de reacciones bioquímicas, procesos de fotosíntesis y respiración, síntesis de azúcares, almidones, y otros compuestos.

Su denominación responde a la composición química general que presentan, en la que un grupo amino (-NH₂) y otro carboxilo o ácido (-COOH) se unen a

un carbono α (-C-). Las otras dos valencias de ese carbono quedan saturadas con un átomo de hidrógeno (-H) y con un grupo químico variable al que se denomina radical (-R), (Victoria, et al., 2017).

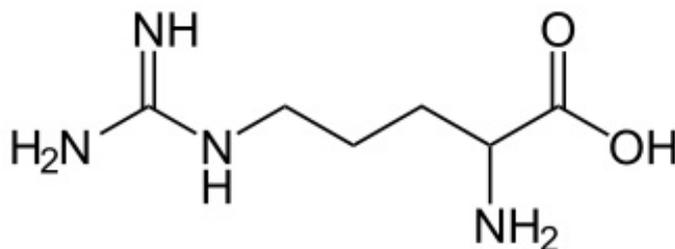


Figura 5. Formula general de un aminoácido

2.8 L-Arginina

La L-arginina es la principal fuente nitrogenada que tiene la planta para iniciar su crecimiento, al constituir una forma importante de acumulación de nitrógeno de reserva (Callao, et al., 2017).

Este aminoácido tiene una estructura particularmente versátil que le otorga capacidad para formar derivados N-fosforilados como la fosfoarginina (Parginina), hidrolizar sus grupos amidino para formar urea o transferirlos para formar otros fosfógenos y el diamino ácido resultante es la omitina (Hird, Davuluri, et al., 1983).

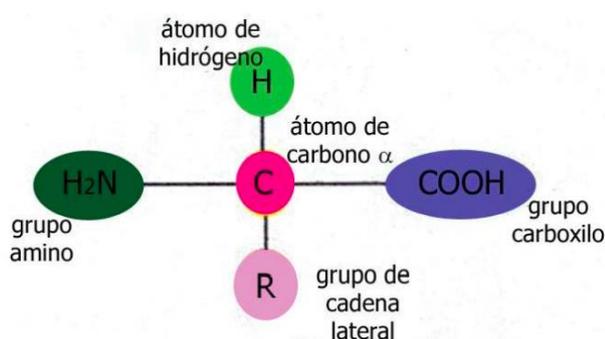


Figura 6. Formula de L-Arginina

Debido a la alta relación entre el nitrógeno y el carbono, en los 21 aminoácidos, la L-arginina es una importante forma de almacenamiento y transporte de nitrógeno orgánico en plantas, además de su papel como

aminoácido en la síntesis de proteínas y como precursor de poliaminas y de Óxido nítrico (NO) y diversos metabolitos esenciales para muchos procesos celulares y de desarrollo en la planta (Nuñez, *et al.*, 2016).

Cuando la planta necesita el nitrógeno, la L-arginina es degradada por la arginasa, en una reacción del **ciclo de la urea** produciendo ornitina y urea. La ureasa convierte la urea en NH_4^+ y CO_2 , el NH_4^+ producido se asimila por la glutamina sintetasa que forma glutamina (cataliza la incorporación del NH_4^+), uno de los compuestos que transportan el nitrógeno a las plantas (Díaz, Gonnet, Irisarri, Milnitsky y Monza, *et al.*, 2007).

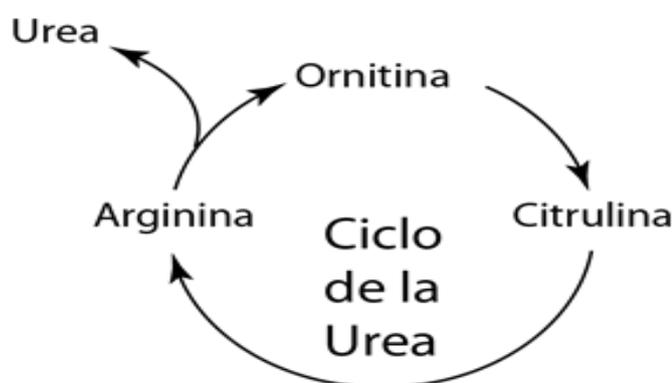


Figura 7. Ciclo de la urea

2.7 L-Citrulina

La L-citrulina participa en algunas de las principales funciones biológicas de las plantas, no participa en la síntesis de proteínas debido a la ausencia de ARNt, pero tiene un papel en una modificación postranscripcional, que ayuda a la planta a combatir el estrés por sequía. Además, está involucrado en la translocación de nitrógeno, lo que lo convierte en un intermediario importante del ciclo de la urea (Joshi y Fernie, *et al.*, 2017).

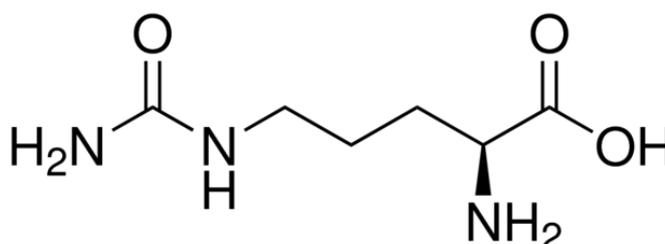


Figura 8. Formula de L-citrulina

La L-citrulina es un aminoácido no esencial. Se sintetiza en el ciclo de la urea mediante la adición de dióxido de carbono y amoníaco a la ornitina. La L-citrulina se convierte en L-arginina por las enzimas argininosuccinato sintetasa y argininosuccinato liasa en presencia de L-aspartato y ATP. Posteriormente, la L-arginina se convierte en óxido nítrico mediante óxido nítrico sintasa y la L-citrulina se regenera como subproducto (Centro Nacional de Información Biotecnológica, *et al.*, 2021).

En numerosos reportes afirman que el óxido nítrico (NO) es una molécula señal involucrada en los mecanismos de respuestas ante condición de estrés. Mediante la aplicación de compuestos donadores de NO se han obtenido evidencias experimentales que apoyan estas funciones para el NO (Vidal, *et al.*, 2015).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del sitio experimental.

El sitio experimental se ubica en el centro Biotecnológico de micropropagación vegetal "Noa" que se localiza en la ciudad de Torreón, en la parte oeste del sur del estado de Coahuila, en las coordenadas 25°35'29.9 longitud norte y 103°22'38.6 latitud oeste a una altura de 1,121 metros sobre el nivel del mar.

3.2 Material vegetal.

La semilla de agave Oaxaca (*Agave angustifolia* Haw) que fue utilizado para esta investigación fue proporcionado a el laboratorio NOA por la secretaria de agricultura y desarrollo cultural (LASADER) ubicado en la ciudad de Oaxaca, Oaxaca.

3.3 Tratamientos

Los tratamientos evaluados empleados en este experimento fueron los siguientes:

Cuadro 1. Desglosé de los tratamientos

Ox-Cu #1 TESTIGO	Ox-Cu #1 T 2	Ox-Cu #1 T 3
Sin aplicación de aminoácidos	Aplicación de Citrulina	Aplicación de Arginina
Arena	Arena esterilizada	Arena esterilizada
Riego con agua	Riego con solución Steiner	Riego con solución Steiner
Sin aplicación de fungicida	Aplicación de fungicida	Aplicación de fungicida

3.4 Desinfección de semilla

La semilla se colocó en imbibición con agua destilada por 48 horas, la cual se mantuvo en un cuarto a una temperatura de 6°C y 48 % de humedad, se realizó tres lavados con agua y jabón, se hizo un enjuague y posteriormente se aplicó un tratamiento con fungicida por un tiempo de 15 minutos; terminado el tiempo, se hizo tres enjuagues con agua, para proseguir con un tratamiento de alcohol al 70 % por otros 15 minutos; se hizo nuevamente tres enjuagues con agua destilada, después se aplicó hipoclorito de sodio al 10 % por 15 minutos; y finalmente se llevó a cabo tres enjuagues con agua destilada estéril.

3.5 Siembra

La siembra del agave Oaxaca (*Agave angustifolia* Haw) se realizó manualmente en charolas de pastico para cada uno de los tratamientos.

Para el tratamiento uno y tratamiento tres la arena fue previamente esterilizada durante 50 minutos en autoclave a una temperatura de 120° C y 4 PSI de presión. La arena fue esparcida en la charola de manera que cubriera toda su superficie.



Figura 9. Siembra de agave Oaxaca (*Agave angustifolia* Haw). Laboratorio NOA 2021

La siembra del tratamiento dos y tratamiento tres se llevó a cabo dentro de campana de flujo laminar, la semilla se colocó encima de la arena

esparciéndola en cuatro partes iguales alrededor de la charola, fue regada con solución Steiner y se hizo una aplicación ligera de fungicida, posteriormente la charola fue sellada y se mantuvo en un cuarto una temperatura de 6°C y 48 % de humedad.



Figura 10. Material para realización de siembra dentro de campana de flujo laminar. Laboratorio NOA 2021

3.6 Aplicación de aminoácidos

Una vez terminado el proceso de siembra, en el tratamiento dos fue aplicado L-citrulina en polvo de manera superficial asegurándonos de espolvorear la semilla, de la misma manera se hizo con el tratamiento tres, pero reemplazando en el aminoácido con L-arginina.

3.7 Riego

El riego en el testigo fue solo con agua corriente cada 3 días, mientras que a tratamiento dos y tratamiento tres las primeras 4 semanas fue con ST, posteriormente con agua corriente cada 3 días.

3.8 Aplicación de fungicida

Cada semana durante el crecimiento de la plántula fue aplicado fungicida, para prevenir la aparición del hongo.

3.9 Paso de plántula a maceta

Una vez consideradas plántulas, con la finalidad de tener mejor espacio de crecimiento y control sobre las plantas. Se realizó el trasplante de charola a maceta, 4 plántulas en cada una. Fueron separadas por tratamiento y por repeticiones, para continuar con su monitoreo.



Figura 11. Plántula de Agave Oaxaca. Laboratorio NOA 2021



Figura 12. Trasplante de plántula **Agave** Oaxaca. Laboratorio NOA 2021

3.10 Trasplante de planta de agave Oaxaca seleccionadas a maceta individual

Después de dos meses de haber dejado desarrollar la plántula de agave Oaxaca hasta tener sus primeras hojas verdaderas, se hizo el trasplante de la planta a una maceta individual, antes de realizar el cambio se tomaron las medidas requeridas para reportar los resultados del experimento.



Figura 13. Trasplante de plantas agave Oaxaca. Laboratorio NOA 2021

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Porcentaje de germinación.

El análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación total detecto diferencias significativas ($p < .01$), (cuadro 1A). En la figura 14 se muestra el promedio de porcentaje de germinación para los tratamientos evaluados a los 26 días después de la siembra. Los tratamientos con los aminoácidos fueron estadísticamente superiores al testigo e iguales entre sí, con un promedio de 92% para citrulina y 85% para arginina, mientras que el testigo tuvo un porcentaje de germinación de 71%.

Estos resultados explican que los aminoácidos liberados pueden ser utilizados en la síntesis de nuevas proteínas en la plántula en desarrollo o para proporcionar energía mediante la oxidación de su esqueleto carbonado. En la semilla, la degradación de las proteínas de reserva corresponde generalmente con una acumulación de aminoácidos libres en los cotiledones (Torres, et al., 2018).

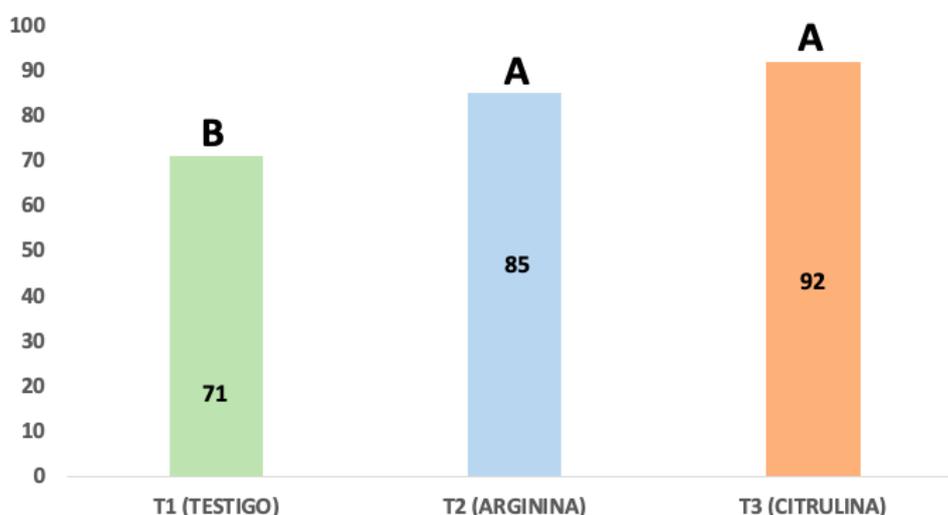


Figura 14. Porcentaje promedio de germinación de los tratamientos evaluados, de citrulina, arginina y el testigo. UAAAN-UL. 2021.

4.2 Dinámica de la germinación

En la figura 15 se puede observar que los tres tratamientos tuvieron una tendencia lineal, iniciando la germinación al quinto día después de la siembra en los tratamientos de citrulina y arginina mientras que el testigo inicio al séptimo día. En la misma figura se puede observar que el ajuste del modelo lineal vario de regular $r^2 = 0.75$ para arginina a uno con mayor ajuste que fue para el testigo con $r^2 = 0.88$, mientras que el de la citrulina fue de $r^2 = 0.82$. considerándose un ajuste aceptable.

En el cuadro 4 se puede observar que el tratamiento arginina a los 16 días tiene un pronóstico de 64.65% mayor que la de los otros tratamientos. Sin embargo, al tener un menor ajuste con un $r^2 = 0.752$ implica una respuesta más errática, razón por la cual el tratamiento con citrulina al ser menos variable a la larga tuvo un porcentaje mayor de germinación con 92%.

Cuadro 2. Modelos de regresión, coeficiente de determinación (r^2) y pronóstico del porcentaje de los modelos obtenidos de los tratamientos estudiados a los 8 y 16 días después de la siembra. UAAAN-UL.2021.

*DDS=Días de la siembra

Tratamiento	Modelo	R2	DDS	
			8 (%)	16 (%)
Arginina	$Y = 3.757X + 4.540$	0.752	34.60	64.65
Citrulina	$Y = 4.013X - 11.044$	0.823	21.06	53.16
Testigo	$Y = 3.315X - 8.305$	0.883	18.22	44.74

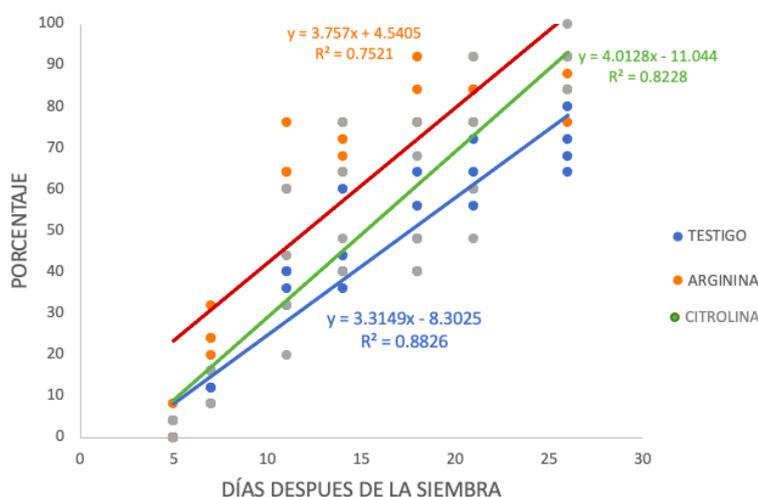


Figura 15. Modelos de regresión lineal con sus respectivos r^2 para los tratamientos estudiados. UAAAN-UL.2021

Se puede observar que la actividad total en el crecimiento del agave Oaxaca (*Agave angustifolia* Haw) en el tratamiento tres, inicio después de su germinación lo cual coincide con los resultados reportados por Zonia en 1995, donde también muestra el inicio a partir la actividad total de la arginasa, que inicia la liberación de nitrógeno de la arginina, aumentando fuertemente hasta 6 días después de la germinación acompañada de aumentos en niveles libres de arginina y urea.

4.3 Mediciones aéreas

4.3.1 Altura de planta

En la figura 16 se presenta el promedio del crecimiento de plántula de tres meses de edad de cada uno de los tratamientos, a la cual se realizó un análisis de varianza donde no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos evaluados. Sin embargo, el tratamiento dos tendió a un mayor promedio de crecimiento de plántula con 90.74, mientras que el tratamiento 1 fue el más bajo con un promedio de 80.77.

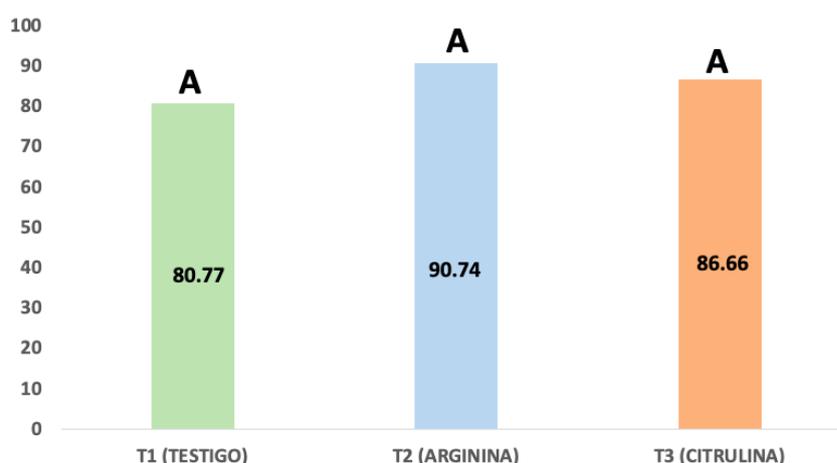


Figura 16. Grafica de promedio de altura de planta (mm), de los tratamientos 90 días después de germinar UAAAN-UL.2021

4.3.2 Numero de hoja

La media de numero de hojas se presenta en la figura 17 de los tratamientos en las plántulas seleccionadas desarrolladas en el tiempo de 90 días. El análisis de varianza no detecto diferencia significativa entre tratamientos. El tratamiento dos y tres tendieron a una media mayor de numero de hojas con un valor de 2, mientras que el tratamiento uno tuvo un valor de 1.83.

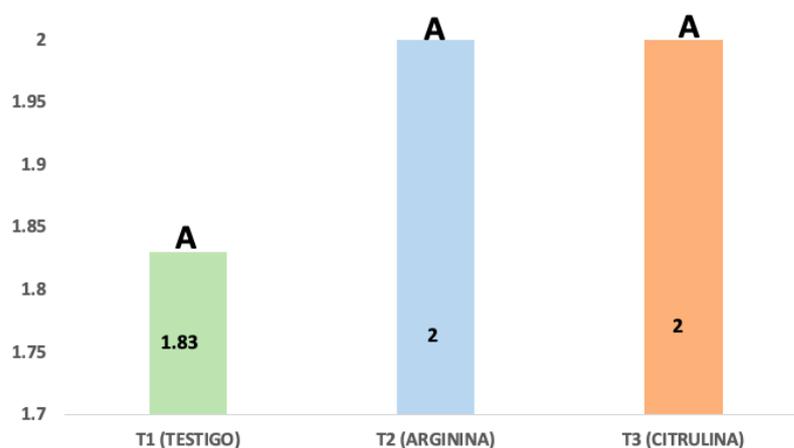


Figura 17. Grafica de promedio de numero de hoja (mm) de los tratamientos 90 días después de germinar UAAAN-UL.2021

4.3.3 Ancho de hoja

En la figura 18 se muestra la media de los tratamientos de ancho de hoja de las plántulas seleccionadas desarrolladas en el tiempo de 90 días bajo los diferentes tratamientos. El análisis de varianza de esta variable encontró diferencia significativa. El tratamiento de mayor media de ancho de hoja fue el tratamiento tres con un valor de 4.30 mm superando al testigo y el tratamiento dos que presentaron valores de 2.88 y 3.06 respectivamente.

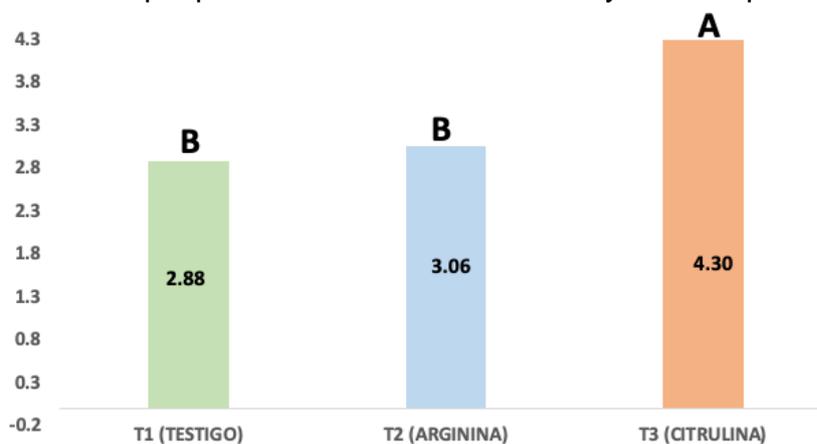


Figura 18. Grafica de promedio de ancho de hoja en mm, de los tratamientos 90 días después de germinar UAAAN-UL.2021

4.4 Mediciones de raíz

4.4.1 Longitud de raíz

En la figura 19 se muestra el tamaño de la raíz en mm después de 90 días de germinadas. El análisis estadístico detecto diferencia significativa entre tratamientos. El tratamiento dos y tres presentaron longitudes de raíz estadísticamente similares de 55.87 y 70.24 mm respectivamente superando al testigo que presento una altura de 39.9 mm.

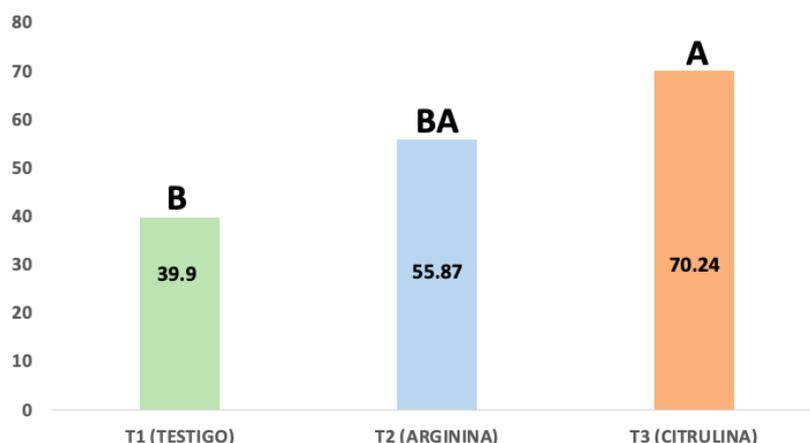


Figura 19. Grafica de promedio de longitud de raíz en mm, de los tratamientos 90 días después de germinar UAAAN-UL.2021

4.4.2 Grosor de raíz

En la figura 20 se presentan los valores de grosor de planta en mm en los diferentes tratamientos después de 90 días de germinadas. El análisis estadístico encontró diferencia significativa entre tratamientos. El tratamiento tres presento un valor de 1.12 mm superando al resto tratamientos. El tratamiento dos 0.77 mm y el testigo 0.76 mm, siendo estos estadísticamente similares.

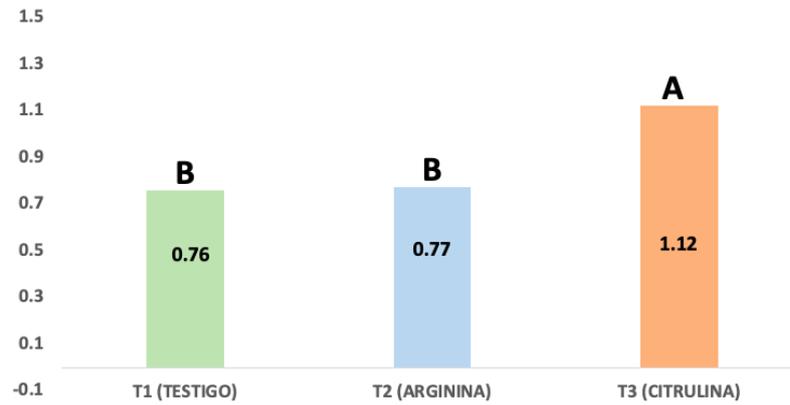


Figura 20. Grafica de promedio de grosor de raíz en mm, de los tratamientos 90 días después de germinar UAAAN-UL.2021

Estos resultados indican que la aplicación de aminoácidos favorece la longitud de la raíz como en el grosor. Matysiak, K.; Kierzek, R .; Siatkowski, I .; Kowalska, J .; Krawczyk, R .; Miziniak, W (2020), reportan que en condiciones normales en maíz , los aminoácidos aumentan la masa de brotes y raíces en un 55–59%.

5. CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio y bajo las condiciones en que se realizó se concluye:

La aplicación de aminoácidos (L-arginina y L-citrulina) contribuye a incrementar el porcentaje de germinación y desarrollo en semilla de agave Oaxaca (*Agave angustifolia* Haw).

En función de estos resultados se acepta la hipótesis planteada.

Se recomienda en futuros trabajos realizar la combinación de ambos aminoácidos esperando obtener mejores resultados.

6. REFERENCIAS

AslamZ. ShengjieL. XuqiangH. NanL. Wenge, (2021) Rootstock mediates transcriptional regulation of citrulline metabolism in grafted watermelon, consulta en julio 2021, disponible en: <https://www.scielo.br/j/bjb/a/gp3WcfYw5wXxjJ6M888yKSh/?lang=en#>

Abisaí J. García Mendoza. 2007. LOS AGAVES DE MÉXICO. Ciencias UNAM pp. 14-23.

Aguirre-Dugua, X. y Eguiarte, L.E. (2013). Genetic diversity, conservation and sustainable use of wild *Agave cupreata* and *Agave potatorum* extracted for mezcal production in Mexico. *Journal of Arid Environments* 90: 36-44.

Angel Jesus Matilla (2008), *Fundamentos de Fisiología Vegetal* Edition: 2ndChapter: Desarrollo y germinación de las semillas (pp.537-558).

Armenta-Calderón, A.D., 2002. Hongos micorrízicos y filamentosos asociados con *Agave angustifolia* Haw. Coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., Hermosillo, Sonora, México, p. 84.

Aurora Lara-Núñez y David Manuel Díaz-Pontones (2011) Laboratorio de Bioquímica Tisular. Departamento de Ciencias Biológicas y de la Salud. *REB* 30(3): 109-115.

Awatif S. Ali y Alaaeldin A. Elozeiri (2017) Procesos metabólicos durante la germinación de semillas, avances en biología de semillas, Jose C. Jimenez-Lopez, IntechOpen, DOI: 10.5772 / intechopen.70653. Disponible en: <https://www.intechopen.com/books/advances-in-seed-biology/metabolic-processes-during-seed-germination?fbclid=IwAR2UPkAPy59nV6WDP16c0mYi1RcuQs0hnJ9ScM2fnr0m5zOfj38CHNMkiwA#B1>

Barraza A, F L Sánchez, M Robert, M Esqueda, A Gardea (2006). Variabilidad genética en *Agave angustifolia* Haw de la Sierra Sonorense, México, determinada con marcadores RFLP. *Rev. Fitotec. Mex.* 29:1–8.

Bourguiba H., J. M. Audergon, L. Krichen, N. Trifi-Farah, A. Mamouni, S. Trabelsi, C. D'Onofrio, B. M. Asma, S. Santoni and B. Khadari (2012). Loss of genetic diversity as a signature of apricot domestication and diffusion into the Mediterranean Basin. *BMC Plant Biology* 12:49.

Centro Nacional de Información Biotecnológica (2021). Resumen de compuestos de PubChem para CID 9750, citrulina. Consulta agosto 2021 disponible en <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Citrulline> .

Christian, Jonathan. (2016). BIOSÍNTESIS Y REGULACIÓN FISIOLÓGICA DE ARGININA EN PLANTAS. 10.13140/RG.2.1.3387.1609.

Cynthia Ruíz Villalobos. 2020. Agaves endémicos de México y algunos de sus destilados. Mezcológia Sitio web: <https://mezcologia.mx/agaves-endemicos-de-mexico/>

Delouche, J. C (2002) Germinación, deterioro y vigor de semillas. Seed News 6.consulta: marzo 202, Disponible en: http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed66/artigocapa66_esp.shtml

Díaz P., Gonnet S., Irisarri P., Irisarri O., Milnitsky F. y Monza J. (2007) Consideraciones sobre metabolismo de nitrógeno en plantas, consulta en julio 2021, disponible en: <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Consideraciones%20sobre%20el%20metabolismo%20del%20nitrogeno%20en%20plantas.pdf>.

Domínguez R. M., A. Alpuche S., N. Vasco M. y E. Pérez M. B. (2008a). Efecto de citocinas en la propagación in vitro de agaves mexicanos. Revista Fitotecnia Mexicana 31:317-322.

E. Javier García-Herrera, S. de Jesús Méndez-Gallegos, Daniel Talavera-Magaña. 2011. EL GENERO AGAVE SPP. EN MÉXICO: PRINCIPALES USOS DE IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA Y AGROECOLÓGICA. VIII Simposium-Taller Nacional y 1er Internacional "Producción y Aprovechamiento del Nopal" consulta marzo 2021 disponible en: [file:///Users/doraacelaquidinorodriguez/Downloads/09%20\(1\).pdf](file:///Users/doraacelaquidinorodriguez/Downloads/09%20(1).pdf)

Enrique Scheinvar Gottdiener. 2005. Agave, mezcales y diversidad. OIKOS Sitio web: <http://web.ecologia.unam.mx/oikos3.0/index.php/todos-los-numeros/articulos-anteriores/303-agave-y-mezcal>

Gentry, H. 1982. Agaves of Continental North America. Arizona, Estados Unidos: University of Arizona Press, pp. 25-47, 670. González, J. C., Damián, R. M., Pérez, E., Chávez, M. C. (2012). Isolation, molecular and fermentative characterization of a yeast used in ethanol production during mezcal elaboration. Revista Mexicana de Ingeniería Química, 11 (3), 389-400.

Gentry, H.S. 1982. Agaves of Continental North America. The University of Arizona Press. Arizona, U. S. A.

Guillot Ortíz, D., Van der Meer, P. Laguna Lumbreras, E. y Rosel Picornell, J. 2008. El Género Agave L. en la flora alóctona Valenciana. Valencia. Capítulo 9 pp. 18-32.

Hird P, Davulun' S 8:McLean R (1983) Urea Cycle Diseases. Lowenthal A, Mori A 8: Marescau B (Eds.) 401-406pp. Plenum, New York.

Jessica Doria. (2010). GENERALIDADES SOBRE LAS SEMILLAS: SU PRODUCCIÓN, CONSERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO. scielo consulta en febrero 2021, disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000100011

Labrada R, 2005. Manejo de malezas para países en desarrollo. Addendum 1, Estudio FAO Produccion y Proteccion Vegetal. 403 p.

Loyola Montemayor Elias. 1956. Industria del pulque. Departamento de investigaciones industriales, Pag 3-4, 1956.

M. Isabel Peñaranda R.(2017), Función de los aminoácidos en plantas, consulta junio 2021, disponible en: <https://www.metroflorcolombia.com/funcion-de-los-aminoacidos-en-plantas/>.

M. Victoria Luque Guillén (2017), ESTRUCTURA Y PROPIEDADES DE LAS PROTEÍNAS, consulta junio 2021, disponible en: https://www.uv.es/tunon/pdf_doc/proteinas_09.pdf

Matysiak, K .; Kierzek, R .; Siatkowski, I .; Kowalska, J .; Krawczyk, R .; Miziniak, W. (2020) Efecto de la aplicación exógena de aminoácidos L-arginina y glicina en maíz bajo estrés térmico. , 10 , 769. Disponible en <https://doi.org/10.3390/agronomy10060769>

Olivas G., U. E., J. R. Valdez L., A. Aldrate., M. J González N. y C. Vera J (2007). Áreas de amplitud para establecer plantaciones de maguey cenizo: definición mediante análisis multicriterio y SIG. Revista fitotecnia mexicana. 30 (4): 411-4

SGS Callao (2017), ANÁLISIS DE ARGININA, ELEMENTO ESENCIAL EN EL DESARROLLO DE LA UVA DE MESA, consulta junio 2021, disponible en: <https://www.sgs.pe/es-es/news/2016/12/arginina>.

Torres, Alexia, Cova, A, & Valera, D.. (2018). Efecto del proceso de germinación de granos de Cajanuscajan en la composición nutricional, ácidos

grasos, antioxidantes y bioaccesibilidad mineral. *Revista chilena de nutrición*, 45(4), 323-330.

Universidad Politécnica de Valencia (2003) Parte III - Tema 17 Germinación de semillas, consulta marzo 2020, consulta en: http://www.etsmre.upv.es/varios/biologia/Temas/tema_17.htm

Velasco B, E., M. C. Zamora-Martínez, H. Espinosa P., C. Sampayo B. y F. Moreno S. (2009). Modelos Predictivos para la Producción de Productos Forestales No Maderables: Agaves Mezcaleros. Manual Técnico Núm. 3. CENID-COMEF. INIFAP, México, D. F. México, 60 p.67.

Villalvazo, R. A. S. 1986. Problemas y aspectos agropecuarios en México. El cultivo del Mezcal (Agave tequilana Weber) En la región de Tequila, Jalisco. Tesis de licenciatura. UACH. México. 78 p.

Yamile Vidal Aguiar,¹ Akira Pérez Márquez, (2015). Óxido Nítrico y su papel en las respuestas de las plantas al estrés hídrico, consulta febrero 2021, disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000500005

7.ANEXOS

Cuadro 1A. Análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación

Sistema SAS

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: GERMINACION

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	57.16666667	28.58333333	10.09	0.0050
Error	9	25.50000000	2.83333333		
Total correcto	11	82.66666667			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	GERMINACION Media
0.691532	8.144762	1.683251	20.66667

Cuadro 2A. Análisis de varianza para la variable ancho de hoja.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	2321.804078	211.073098	1.09	0.4124
Error	24	4668.201765	194.508407		
Total correcto	35	6990.005843			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Alturaplanta Media
0.332161	16.20505	13.94663	86.06344

Cuadro 3A. Análisis de varianza para la variable numero de hojas.

Variable dependiente: Numerohojas

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	0.55555556	0.05050505	0.91	0.5465

Error	24	1.33333333	0.05555556
Total correcto	35	1.88888889	

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Numerohojas Media
0.294118	12.12183	0.235702	1.944444

Cuadro 4A. Análisis de varianza para la variable ancho de hoja.

Variable dependiente: Anchohoja

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	23.24012222	2.11273838	1.63	0.1523
Error	24	31.05393333	1.29391389		
Total correcto	35	54.29405556			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Anchohoja Media
0.428042	33.31987	1.137503	3.413889

Cuadro 5A. Análisis de varianza para la variable longitud de raíz.

Variable dependiente: Longraiz

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	8317.70083	756.15462	2.57	0.0255
Error	24	7048.18147	293.67423		
Total correcto	35	15365.88230			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Longraiz Media
0.541310	30.96646	17.13693	55.34028

Cuadro 6A. Análisis de varianza para la variable numero de raíz.

 Variable dependiente: Numraices

	Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr >
F						
0.0718	Modelo	11	8.66666667	0.78787879	2.03	
	Error	24	9.33333333	0.38888889		
	Total correcto	35	18.00000000			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Numraices Media		
	0.481481	37.41657	0.623610	1.666667		
