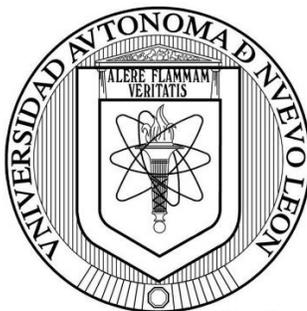


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



“CARACTERIZACIÓN DE CRECIMIENTO INICIAL DE DOS TIPOS
DE PLANTA DE *Agave durangensis* EN UNA PLANTACIÓN EN EL
ESTADO DE DURANGO”

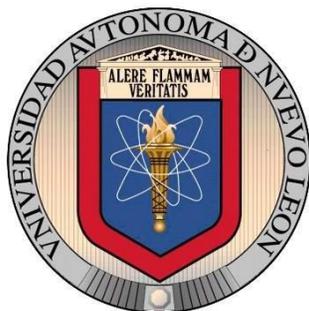
POR:

ING. JONATHAN EMANUEL ROSALES MATA

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

FEBRERO 2025

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



**“CARACTERIZACIÓN DE CRECIMIENTO INICIAL Y
DESARROLLO DE DOS TIPOS DE PLANTA DE *Agave durangensis*
EN UNA PLANTACIÓN EN EL ESTADO DE DURANGO”**

POR:

ING. JONATHAN EMANUEL ROSALES MATA

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA EN
CIENCIAS FORESTALES

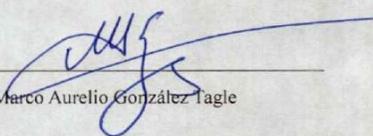
FEBRERO 2025

“CARACTERIZACIÓN DE CRECIMIENTO INICIAL Y DESARROLLO DE DOS TIPOS DE PLANTA DE *Agave durangensis* EN UNA PLANTACIÓN EN EL ESTADO DE DURANGO”

APROBACIÓN DE TESIS

CARACTERIZACIÓN DE CRECIMIENTO INICIAL DOS TIPOS DE PLANTA DE *Agave durangensis* EN UNA PLANTACIÓN EN EL ESTADO DE DURANGO.

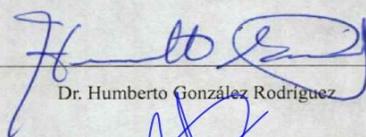
APROBACIÓN DE TESIS



Dr. Marco Aurelio González Tagle



Dra. Wibke Himmelsbach

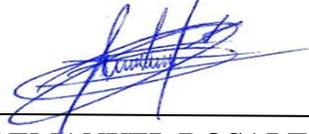


Dr. Humberto González Rodríguez



MC. Sergio Rosales Mata

Declaro que la presente investigación es original y se desarrolló para obtener el grado de Maestría en Ciencias Forestales; donde se utiliza información de otros autores, se otorgan los créditos correspondientes.



ING. JONATHAN EMANUEL ROSALES MATA

Febrero del 2025

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el otorgamiento de la beca nacional para que me fuera posible seguir preparándome académicamente. A la Facultad de Ciencias Forestales (UANL) por abrirme las puertas y apoyarme durante estos años donde fue el pilar principal para adquirir los conocimientos y experiencias durante esta etapa, que quedara marcada en mi vida.

A la Dr. Marco Gonzalez Tagle y la doctora Wibke Himmelsbach, por ayudarme y apoyarme durante todo este proceso, siempre con una forma de ser muy educada, amable, por su comprensión y paciencia en temas académicas, demostrando el profesionalismo en todo momento; Sin duda alguna, un gran ejemplo a seguir.

A Sergio Rosales Mata mi primo y asesor el cual siempre ha estado para apoyarme y brindarme ayuda en los procesos educativos, profesionales y personales.

A la doctora Paulina González y al doctor José Cruz Figueroa del departamento de I+D de clase azul los cuales me abrieron las puertas, para desarrollar la investigación en los campos de agave con un trato muy ameno y apoyo para cubrir las necesidades que se presentaban.

Gracias a todos los docentes que me impartieron materias, sin lugar a duda, de cada uno siempre hubo algo nuevo que aprender además de que siempre vieron por mí proceso haciendo una experiencia grata e inolvidable, por todo, ¡muchas gracias!

A mis compañeros de posgrado con los cuales viví excelentes momentos, por el acoyo que me dieron el tiempo que estuve en este proceso el cual vivimos lleno de alegrías. A todas aquellas personas que, en el camino, de manera directa o indirecta dejaron una enseñanza en mí.

DEDICATORIA

A mis padres María Guadalupe Mata Ramírez y Atanacio Rosales Hernández, por darme las bases de la vida, los consejos y el gran apoyo en el transcurso de mis estudios, por esa confianza que me brindaron y que fueron la base por el cual logré cumplir esta meta, porque a pesar de los momentos difíciles, siempre se hacen presentes y siempre me dan la fuerza para seguir adelante.

A mis hermanos Jorge Atanacio Rosales Mata y Citlali Sarahí Rosales Mata, por todos esos momentos que hemos pasado juntos, porque a pesar de que haya habido momentos buenos y malos, he logrado aprender de cada uno de ellos y ser una mejor persona.

A mi gran familia, que siempre ha estado presente en los buenos y malos momentos y me han brindado su apoyo para que mis metas se vayan cumpliendo.

A mis compañeros de generación, por tantos momentos divertidos que pasamos juntos; las visitas a la sierra, las ocurrencias de cada uno de ellos, las peleas y aprendizajes compartidos, que recordaré por siempre.

A todas las personas que durante esta etapa se hizo presente en mi vida, las cuales siempre creyeron en mí para lograr este propósito.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE

TABLA DE CONTENIDO	7
INDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12
HIPÓTESIS	14
OBJETIVOS	14
Objetivo general	14
Objetivos específicos	14
ANTECEDENTES	15
Distribución y hábitat del género agave	15
Reproducción del género agave	16
Importancia y usos del género agave	16
Taxomía de <i>Agave durangensis</i>	17
Distribución <i>Agave durangensis</i>	17
Características de <i>Agave durangensis</i>	18
Reproducción <i>Agave durangensis</i>	18
Sobreexplotación natural del recurso	19
Plantaciones de <i>Agave durangensis</i>	20
Preparación de terreno	20
Planta de calidad	21
Diseño y marco de plantaciones de <i>Agave Durangensis</i>	21
Áreas aptas para plantaciones de agave	21
ÁREA DE ESTUDIO	23

METODOLOGÍA.....	26
Diseño experimental	26
Características de las plantas	27
Establecimiento de plantación	28
Preparación de las plantas.....	28
Poda radicular y plantación.....	28
Tratamiento preventivo.....	28
Variables evaluadas	28
Muestreos y Procesamiento de Datos	29
Análisis Estadístico.....	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
Altura	30
Diámetro de Piña	31
Diámetro de roseta	32
Numero de hojas	34
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
REFERENCIAS	37

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Distribución de las poblaciones naturales de <i>Agave Durangensis</i> en el estado de Durango.....	18
Figura 2. Ubicación y Área de plantación de <i>Agave durangensis</i> en predio las chacras.....	23
Figura 3. Tipos de suelo en el municipio de Nombre de Dios Durango.....	24
Figura 4. Tipos de suelo en plantación de <i>Agave durangensis</i> predio la Chacras	25
Figura 5. Distribución de tratamientos experimentales	26
Figura 6. Marco de plantación de T1	27
Figura 7. Marco de plantación de T2	27
Figura 8. Diseño de plantas muestreadas por tratamiento	29
Figura 9. Tendencia temporal de altura por tratamiento.....	30
Figura 10. Tendencia temporal de diámetro de piña por tratamiento	31
Figura 11. Tendencia temporal de diámetro de roseta por tratamiento	32
Figura 12. Tendencia temporal de número de hojas por tratamiento	34

RESUMEN

El *Agave durangensis* es una especie endémica de México, con importancia ecológica, industrial y económica en estados como Durango y Zacatecas. Su principal uso es la producción artesanal de mezcal, pero la creciente demanda nacional e internacional ha llevado a una sobreexplotación que amenaza su supervivencia. Es necesario promover el uso sostenible mediante el establecimiento de plantaciones y técnicas de manejo adecuadas.

Este trabajo busca determinar el crecimiento inicial *Agave durangensis* en una plantación de año 0 en el Municipio de Nombre de Dios, Dgo. Se evaluaron dos tipos de plantas que variaban en tamaño y edad, para ello se estableció un diseño experimental al azar con dos tratamientos de cuatro repeticiones. Se realizaron evaluaciones cada 2 meses durante 8 meses, y se midieron variables como crecimiento en altura, diámetro de roseta, diámetro de piña, número de hojas desplegadas, ancho de pencas. Los resultados se analizaron estadísticamente donde realizaron pruebas de normalidad de datos y se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis con la finalidad de comparar medianas y determinar las diferencias significativas de las variables evaluadas.

Los crecimientos en altura y diámetro de roseta se perciben en las evaluaciones de meses donde el agave paso la etapa de postrasplante, cuando existe un estrés ambiental estas variables reducen su crecimiento, pero en el caso de plantas pequeñas el crecimiento se ve más evidente en diámetro de piña. En el caso del diámetro de roseta percibimos que *Agave durangensis* es susceptible a reducir su desarrollo en épocas de invierno y temporada de sequía.

Los resultados de este estudio contribuirán a la conservación y manejo sostenible del *Agave durangensis*, proporcionando información valiosa sobre las técnicas de manejo de cultivo que promueven la adaptación y el crecimiento saludable de esta especie en etapas iniciales de plantado. Esto es especialmente importante dado el riesgo de extinción que enfrenta el *Agave durangensis* debido a la sobreexplotación y la falta de prácticas de manejo sostenible.

ABSTRACT

Agave durangensis is an endemic species of Mexico, with ecological, industrial, and economic importance in states such as Durango and Zacatecas. Its main use is the artisanal production of mezcal, but the increasing national and international demand has led to overexploitation, threatening its survival. It is necessary to promote sustainable use through the establishment of plantations and adequate management techniques. This study aims to determine the initial growth of *Agave durangensis* in a plantation of year 0 in the Municipality of Nombre de Dios, Dgo. Two types of plants that varied in size and age were evaluated, and an experimental design was established with two treatments and four replications. Evaluations were made every 2 months for 8 months, and variables such as growth in height, rosette diameter, pineapple diameter, number of unfolded leaves, and leaf width were measured. The results were statistically analyzed, and non-parametric tests were used to compare medians and determine significant differences in the evaluated variables. Growth in height and rosette diameter were perceived in the evaluations of months where the agave passed the post-transplant stage, when there is environmental stress, these variables reduce their growth, but in the case of small plants, growth is more evident in pineapple diameter. In the case of rosette diameter, we perceive that *Agave durangensis* is susceptible to reducing its development in winter and drought seasons. The results of this study will contribute to the conservation and sustainable management of *Agave durangensis*, providing valuable information on crop management techniques that promote adaptation and healthy growth of this species in initial planting stages. This is especially important given the risk of extinction faced by *Agave durangensis* due to overexploitation and lack of sustainable management practices.

INTRODUCCIÓN

México se considera como centro de origen y de diversidad de los agaves, ya que el 55% de las especies crecen exclusivamente en el país, lo que muestra la gran importancia biológica en el territorio nacional. Estos se localizan principalmente en el norte y centro, en climas semiáridos y templados, pastizales y bosques bajos abiertos de pino-encino (CONABIO, 2005). Debido a su distribución por el país su gran diversidad morfológica y filogenética, su importancia cultural y económica, lo catalogan como una planta emblemática que se ha utilizado como fuente de alimento, medicina, fibra (ixtle), combustible, ornato, construcción de viviendas, cercados e implementos agrícolas y entre los más importantes la fabricación de bebidas destiladas como lo es el tequila y el mezcal (García-Mendoza, 2007).

El tequila y el mezcal son bebidas destiladas de agave, símbolos de la cultura mexicana que en los últimos años han ganado popularidad en mercados nacionales y extranjeros, ocasionando un mayor consumo por lo tanto un mayor abasto de materia prima de piñas de diferentes especies agaveras, que se procesan para abastecer el incremento de la demanda (Eguiarte y González, 2007). El aumento de consumidores ha provocado un mayor requerimiento de jima de piñas de agave, ocasionando que el aprovechamiento de dichos recursos sea manejado bajo esquemas poco sustentables, poniendo en riesgo la conservación de especie como es el caso de *Agave durangensis* en el sur de Durango y las zonas aledañas con denominación de origen de otros estados donde se encuentra esta especie (Olivas et al., 2007).

El aprovechamiento sustentable de los recursos forestales a través del establecimiento de plantaciones comerciales es una buena técnica de conservación de especies y económicamente viable, para el abastecimiento de materia prima en diferentes tipos de industrias forestales (SEMARNAT 2013). El contar con el conocimiento detallado sobre las mejores condiciones de una especie, donde varían requerimientos climáticos, edáficos y fisiográficos son indispensables para desarrollar técnicas de manejo adecuadas para mayor crecimiento y productividad de una plantación como lo menciona (Olivas et al. 2007).

Una etapa importante de las plantaciones forestales es superar satisfactoriamente la fase de establecimiento; por ello, antes de efectuar una plantación, es necesario identificar las características de las plantas, las técnicas de manejo y los factores ambientales del área, de manera que la planta desarrolle atributos que garanticen la mayor adaptabilidad y supervivencia en dicho sitio (Rosales et al., 2016). El éxito de las plantaciones de agave, dependen de las prácticas culturales que puedan realizarse después de plantado, como menciona (Enríquez-del Valle 2007) técnicas como la selección de planta de calidad, tipo de suelo, preparación de terreno y fertilización son de vital importancia en la supervivencia y rendimiento de las plantaciones de agave, donde el suelo, de forma natural no puede abastecer las necesidades de adaptación que el agave necesita para su desarrollo en etapas iniciales.

Agave durangensis en comparación a otras especies del género *Agave* que se utilizan para la elaboración de destilados se reproducen principalmente a partir de hijuelos, *A. durangensis* se puede propagar a partir de semillas presentando genética que ayude adaptarse a condiciones desfavorables en su crecimiento (Ramírez-Tobías *et al.*, 2011). Sin embargo, el principal problema que presentan las plantaciones de agave *durangensis* es la falta de técnicas de manejo de cultivo adecuadas o adaptadas a la especie las cuales provoquen una mayor adaptación para la supervivencia en sus primeras etapas de crecimiento en los sitios de plantación.

HIPÓTESIS

- Las plantas de *Agave durangensis* de mayor edad y tamaño establecidas en campo presenten una mayor adaptabilidad en la primera etapa inicial de crecimiento en comparación a las plantas más jóvenes y pequeñas.
- Las plantas de *Agave durangensis* de mayor edad y tamaño establecidas en campo presentan un mayor crecimiento en altura y diámetro en comparación a las plantas más jóvenes y pequeñas.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Caracterizar las diferencias en el crecimiento y desarrollo de las plantas de *Agave durangensis* en función de su edad y tamaño durante la etapa inicial de plantado.

Objetivos específicos

- Identificar y describir los patrones de crecimiento y adaptación de las plantas de *agave durangensis* en diferentes condiciones de plantación.
- Evaluar el efecto de la edad y el tamaño de las plantas en la supervivencia y crecimiento durante la etapa inicial de establecimiento.

ANTECEDENTES

Distribución y hábitat del género agave

El género Agave, al igual que toda la familia Agavaceae, es endémico de América. En México crecen 150 de sus 200 especies, 58% de sus especies son endémicas (García-Mendoza, 2002). Con 75% de sus especies, México no es sólo su centro de mayor riqueza y endemismos, sino también su centro de domesticación (Gentry, 1982). El mayor número se concentra en Oaxaca (23%), Jalisco es el estado con más riqueza en el occidente de México (García-Mendoza et al., 2004). Otra área con mucha riqueza corresponde a la región ubicada en la provincia del Valle de Tehuacán-Cuicatlán con 15 especies, no sólo conserva una gran riqueza de grupos taxonómicos, sino también filogenéticos (García-Mendoza, 2007).

La distribución del género abarca del sur de los Estados Unidos hasta Colombia y Venezuela. Los países con el mayor número de taxones son México, Estados Unidos, Cuba y Guatemala; los demás tienen menos de 8 especies (menos del 3 % del total). En México se encuentran más del 75 % del género Agave, el cual tiene una amplia distribución, sin embargo, ésta es altamente asimétrica, hay regiones que poseen más especies que otras. Son muy diversos en las provincias áridas y semiáridas del centro y norte, pero su número disminuye drásticamente hacia las provincias húmedas y cálidas del sur, por lo que su ausencia es notoria en estados como Tabasco, Campeche y Quintana Roo. Son abundantes en las provincias florísticas de las serranías meridionales del centro de México, Sierra Madre Occidental, Altiplano mexicano, península de Baja California y Sierra Madre Oriental (García-Mendoza, 2007).

En México la mayor diversidad de Agave la presentan los estados de Durango, Oaxaca, Puebla, Sonora y Querétaro una zona clave para el conocimiento de este importante grupo de plantas por incluir en su territorio a ecosistemas tanto de la Sierra Madre Occidental como del Altiplano Mexicano, dos regiones de alta diversidad (García Mendoza, 2007). Los Agaves son plantas siempre verdes cuyas características fisiológicas y morfológicas les confieren una notable capacidad de adaptación a los ambientes más hostiles, pueden encontrarse en gran diversidad de hábitats, desde valles y planicies hasta cerros y laderas

pedregosas y lugares montañosos de gran altitud. Se desarrollan tanto a nivel individual poblacional, sobre planicies extensas con suelos aluviales, de profundidad y textura medias y pH de neutro a ligeramente alcalino. Conviven también con variados tipos de vegetación, destacando entre otros: la vegetación xerófila, pastizales, matorrales, bosques, etc. Generalmente forma grupos o conglomerados dispersos dentro de la vegetación de pastizal y se le encuentra combinado con nopaleras y matorral micrófilo. Puede encontrarse lo mismo en sitios con altitudes de 300 msnm, que en lugares situados a más de 3000 msnm (Gentry, 1982).

Reproducción del género agave

De acuerdo con Gentry (1982), el género Agave se propaga por semilla, vástagos vegetativos y propágulos en la inflorescencia. Dependiendo de la especie, algunos se propagan solamente por semillas, otros por semillas y vástagos vegetativos, mientras que otros pueden propagarse por las tres formas. Por otra parte, Gómez-Pompa (1963) menciona que en este Género los procesos de reproducción sexual están reducidos o no funcionan, sin embargo, Ruvalcaba (1983) señala que cuando se realiza este tipo de reproducción se puede obtener hasta 33 % de germinación.

La propagación más común de los agaves es asexual, técnica que consiste en separar los vástagos (hijuelos, retoños o mecuates) que se derivan del rizoma que emite la planta madre después del primer año de plantación, los cuales, dependiendo de su tamaño son plantados en campo, o en el caso de ser pequeños, se les da mantenimiento en vivero por un período de 12 meses o más para generar mayor crecimiento, y llegar a la plantación definitiva. (Uvalle. 2007). Existen también otros métodos de propagación asexual (por rizomas, por secciones de tallo y por bulbillos apomícticos de la inflorescencia) pero no se encuentran reportes comparativos entre estos sistemas y el tradicional.

Importancia y usos del género agave

La diversificación de los agaves bajo cultivo y selección humana inicia hace 9,000 años por lo menos (Callen, 1965) se divide en tres grandes periodos de acuerdo con el uso, prioritariamente, a los criterios de selección de sus variedades: 1) el de su uso como alimento;

2) el de su uso en la elaboración de bebidas fermentadas, y 3) el de su uso en la elaboración de bebidas destiladas (Colunga-García Marín y Zizumbo-Villarreal, 2006). El uso de todas las partes morfológicas lo hace ser una planta muy importante, donde productos más comerciales son las fibras; las bebidas fermentadas obtenidas a partir de la savia de la inflorescencia, de los jugos de las hojas crudas, o de los jugos de las cabezas; y las bebidas destiladas como el tequila y mezcal (García-Mendoza, 1998). En México, los agaves han tenido una gran importancia económica y cultural para numerosos pueblos indígenas y mestizos, siendo considerados especies clave en esas regiones, ya que los han aprovechado durante siglos como fuente de alimento, bebida, medicina, combustible, cobijo, ornato, fibras duras, textiles, abono, construcción, implementos agrícolas y principalmente en la producción de diferentes tipos de bebidas.

Estos pueblos hicieron de México su centro de domesticación y diversificación, ya que los seleccionaban por sus fibras, por el aguamiel o las elevadas concentraciones de azúcares. Por todo esto los agaves no sólo tienen su máxima expresión de diversidad morfológica, filogenética y evolutiva en México, sino también cultural, ya que los seres humanos que lo han poblado han sabido aprovechar al máximo los beneficios que producen estas especies (García-Mendoza, 2007).

Taxonomía de *Agave durangensis*

Reino: *Plantae*

División: *Tracheophyta*

Clase: *Equisetopsida*

Orden: *Asparagales*

Familia: *Asparagaceae*

Género: *Agave*

Especie: *Agave durangensis* Gentry, 1982

Nombre común: Agave cenizo – maguey cenizo

Distribución *Agave durangensis*

El *Agave durangensis* Gentry se distribuye de manera natural en los Estados de Durango y Zacatecas, en altitudes entre 1500 y 3000 m; se encuentra asociada a vegetación de matorrales xerófilos (crasicaule y espinoso) y a pastizales naturales. Se desarrolla en suelos calcáreos,

líticos éutricos y xerosoles en las faldas de los cerros, no soporta terrenos planos debido a que puede acumularse agua en el suelo y causar pudrición del sistema radical; requiere poca profundidad de suelo para su desarrollo (0.25 a 0.50 m). Se le encuentra en áreas con temperatura media anual de 16.1 °C, máxima de 37.8 °C; su límite de temperatura mínima es de -6 °C. En condiciones naturales se desarrolla en áreas donde la precipitación varía entre 400 y 600 mm anuales (Valenzuela et al., 2003). *Agave durangensis* es una especie de importancia económica para la industria mezcalera en el estado de Durango su distribución es en la región de las zonas áridas al sur del estado, particularmente en los municipios de Nombre de Dios, Suchil, Durango y parte del Mezquital (Figura 1).

DISTRIBUCIÓN DE *A. durangensis* EN EL ESTADO DE DURANGO

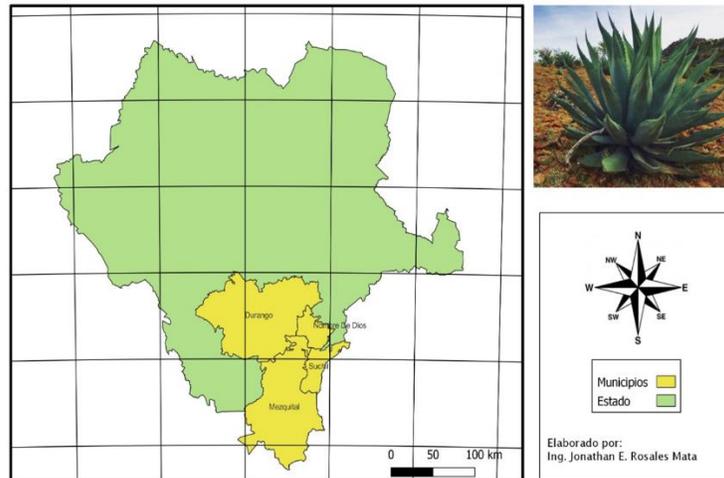


Figura 1 Distribución de las poblaciones naturales de *Agave Durangensis* en el estado de Durango

Características de *Agave durangensis*

Los individuos de *Agave durangensis* en etapa madura tienen una altura de 80 a 120 cm y 120 a 180 cm de cobertura, son de color gris glauco, hojas anchas con dimensiones de 40 a 90 de largo por 14 a 22 de ancho, lanceoladas, con espina de 4 a 6 cm de largo, acanalada en la parte superior; la inflorescencia mide 7 a 8 cm de altura; flores amarillas de 70 a 80 cm de largo, los tépalos externos de 10 a 12 mm de longitud, semillas pequeñas (Lopez-Serrano et al., 2021).

Reproducción *Agave durangensis*

A diferencia de otras especies, la forma de reproducción de *Agave durangensis* es a través de reproducción sexual. Para la colecta de germoplasma esta se selecciona con la metodología

empleada por Muñoz-Flores et al. (2014) la cual es selección visual que consiste detectar los mejores individuos dentro de las áreas de poblaciones naturales para la colecta de semilla para donde se toma en cuenta 1) plantas sanas libre de plagas o enfermedades; 2) plantas vigorosas (color verde sano); 3) con buen porte (altura de planta) superior a la media de la población y 4) con área foliar también superior a la media de la población para posteriormente germinarlas y crecerlas en sistemas intensivos de crecimiento como almácigos o acolchados donde al cumplir las características deseadas de las variables morfológicas poder trasplantarlas en campo.

Sobreexplotación natural del recurso

El *Agave durangensis*, es una especie con gran importancia económica en la industria mezcalera del estado de Durango, la cual representa un sustento económico para la población en el sur de la entidad, pero es precisamente en esa zona donde se da la mayor intensidad de aprovechamiento de este recurso provocando la disminución, cada vez más evidente de sus poblaciones naturales, agravada por una regeneración insuficiente y de lento crecimiento (Rosales et al., 2014)

Ésta y otras especies del género se han aprovechado de manera empírica en el estado desde tiempos remotos para la elaboración de mezcal, bebida alcohólica con denominación de origen que se pretende alcance los niveles de calidad y producción similares a los del tequila (Valenzuela et al., 2003). Desafortunadamente en los últimos años este recurso se aprovechado de manera irracional en áreas silvestres por productores locales y de otras entidades, lo que ha provocado una baja considerable de individuos de las poblaciones naturales del estado.

Valenzuela et al. (2003) menciona que la reproducción y establecimiento en forma natural en las zonas productoras de Durango, no es suficiente para abastecer el volumen de mezcal que demanda el mercado estatal, nacional y recientemente internacional, lo que pone en grave riesgo la continuidad del aprovechamiento y la conservación de la especie. Siendo las plantaciones forestales una salida para repoblar zonas degradadas y no poner en grave riesgo la conservación de la especie además impulsar la repoblación de la especie mediante el desarrollo de plantaciones forestales comerciales en los terrenos aptos ayudara a maximizar

la su supervivencia y productividad de la cadena agave-mezcal (Olivas Gallegos et al. 2007). Para establecer plantaciones forestales comerciales exitosas, es necesario tener conocimiento detallado de los requerimientos climáticos, edáficos y fisiográficos de las especies a plantar, las características edafoclimáticas y fisiográficas de los sitios de plantación y por último un método que permita unificar los dos aspectos anteriores (Olivas et al. 2007).

Plantaciones de *Agave durangensis*

Es necesario que, ante las actuales circunstancias de oportunidad económica, se reconsidere al agave como un cultivo intensivo para reducir de la presión sobre poblaciones naturales y aumentar la productividad con lo cual asegurar del abasto de materia prima para una industria mezcalera creciente (JL. Rodriguez et al., 2023) Para establecer plantaciones forestales exitosas, es necesario tener conocimiento detallado de los requerimientos climáticos, edáficos y fisiográficos de las especies a plantar, las características edafoclimáticas y fisiográficas de los sitios de plantación y por último un método que permita unificar los dos aspectos anteriores (Olivas et al., 2007).

El papel de las plantaciones forestales es superar satisfactoriamente la fase de establecimiento; por ello, antes de efectuar una plantación, es importante identificar los factores ambientales del área de manera que, la planta desarrolle atributos necesarios que garanticen la mayor adaptabilidad y supervivencia en dicho sitio (Rosales et al., 2016). Algunos factores ambientales que limitan el crecimiento y productividad de las plantas son la radiación solar, temperatura, disponibilidad de agua y el abastecimiento de nutrimentos (Enríquez-del-Valle, 2008). El éxito de las plantaciones forestales se debe al seguimiento que se le brinda una vez plantado, prácticas como la fertilización y manejo de malezas ayudan a la mayor supervivencia de la planta.

Preparación de terreno

La recomendación para el establecimiento de plantaciones de agave se sugiere utilizar terrenos agrícolas con buen drene agua y se pueda implementar laboreo previo a plantación como para el manejo de sus etapas iniciales de crecimiento. Como hace mención (Rosales et al., 2016) aunque se trate de terrenos agrícolas, es importante realizar diversas labores de

preparación de los sitios a plantar primeramente mediante un paso subsuelo a un promedio de 40 cm de profundidad, esta técnica de laboreo permite el rompimiento de capas compactadas de suelo proporcionando aeración al sitio y posteriormente un paso de rastra doble el cual ayuda a romper los terrones grandes que quedan tras el subsuelo, todo esto con la finalidad de aumentar la infiltración, permitiendo mayor captación y retención de agua, pero a la vez, facilitar el anclaje de la raíz especialmente en zonas de precipitaciones bajas donde pueda verse afectadas la adaptación de las plantas.

Planta de calidad

Bajo un buen sistema de germinación y crecimiento de plántulas de agave como lo menciona la norma NMX-AA-170-SCFI 2016, la cual indica que las plantas de agave de hoja ancha, como *Agave durangensis*, deben tener una edad de 14 meses a 18 meses con un número mínimo de seis hojas, que además presenten espinas rígidas en las puntas de las pencas en los bordes laterales y un sistema radical fibroso con un número mayor o igual a cuatro puntos de crecimiento o pelos laterales. El sistema de raíces debe presentar raíces gruesas (de anclaje) y finas abundantes (de absorción) (JL. Rodríguez et al., 2023).

Diseño y marco de plantaciones de *Agave Durangensis*

Para poder tener un manejo efectivo de las plantaciones de agave es recomendable realizarlas con diseños mediante marco real o en lineales que nos faciliten el laboreo de las parcelas si los predios presentan algún tipo de pendiente pronunciada se puede implementar el establecimiento mediante curvas de nivel pero todo dependerá de las características de los sitios. En general, a partir de la línea base o central del modelo de plantación se determina el espaciamiento entre líneas, las cuales se recomiendan de 3 m y de 1.5 m entre plantas sobre las líneas de plantación, esto genera densidades de plantación de entre 1,650 a 2,178 plantas por hectárea (JL. Rodríguez et al., 2023).

Áreas aptas para plantaciones de agave

Las especies del género *Agave* presentan adaptaciones fisiológicas a distintas condiciones edáficas, donde varían diferentes condiciones como las fisicoquímicas, hasta diferentes orígenes geológicos, entre ellos, este tipo de planta se adaptan en suelos ácidos de origen volcánico o básicos de piedra caliza de origen marino. Algunas especies se desarrollan en

Jonathan Emanuel Rosales Mata (2025). CARACTERIZACIÓN DE CRECIMIENTO INICIAL Y DESARROLLO DE DOS TIPOS DE PLANTA DE Agave durangensis EN UNA PLANTACIÓN EN EL ESTADO DE DURANGO. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León.

áreas con baja disponibilidad de nutrientes siendo muy evidente un buen desarrollo en campos con alto contenido de minerales, y también en condiciones de baja o alta salinidad y bajos niveles de pH (Cen-Cen, Gómez y Martínez, 2015).

En la actualidad aproximadamente más de 74% de los suelos dedicados a las actividades agrícolas manifiestan problemas relacionados con el pH alto o bajo (salinidad o acidez de los suelos) ocasionando un problema para el establecimiento de diferentes cultivos intensivos o plantaciones comerciales dificultando el manejo, provocando malos rendimientos en adaptación y crecimiento de las especies, en este sentido, debido a los graves problemas de pH o áreas con mala disponibilidad de nutrientes hacen de ellas una mala elección para el establecimiento de plantaciones de agave, lo anterior repercute directamente en la productividad disminuyendo el porcentaje de supervivencia o malos desarrollos de las plantas de agave (Cen-Cen, Gómez y Martínez, 2015).

ÁREA DE ESTUDIO

PLANTACIÓN NOMBRE DE DIOS DURANGO "Predio Rustico la Chacra"

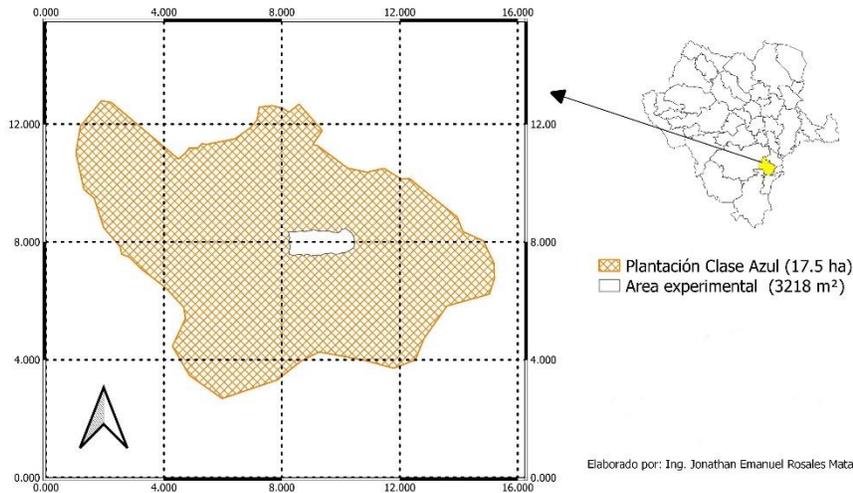


Figura 2. Ubicación y Área de plantación de *Agave durangensis* en predio las chacras

El área de estudio se localiza en el municipios de Nombre de dios, Durango en predio particular conocido como “Predio Rustico la Chacras” (Figura 2) localizado en las afueras del municipio, el cual se localiza al suroeste del estado de Durango, colindando con municipios como Durango capital, Poanas, Mezquital y Súchil, la vegetación que predomina son los pastizales y matorrales, su clima oscila entre los 24° y -4° en época de invierno mientras que en época de verano las temperaturas son más calurosas presentándose desde los 34° a 7°, su precipitación oscila entre 700 a 720 mm siendo el mes de julio el mes con más precipitación 200 mm, su elevación media de 1858 msnm y se localiza a una distancia aproximada de 53.4 kilómetros de Durango capital buscar (INEGI, 2005)

El municipio de Nombre de Dios Durango cuenta con varios tipos de suelo (Figura 3) donde el predominante de las áreas experimentales son suelos de tipo Litosol (Figura 4) (INEGI, 2020)

Este tipo de suelos son someros se presentan, alternados con abundantes afloramientos rocosos, en zonas con pendientes moderadas son comunes en climas semisecos y subhúmedos; sostienen una vegetación natural de matorral, pastizales o bosques. Son de color oscuro y su textura es arcilloso tienen un contenido moderado de materia, los minerales que constituyen estos suelos son fundamentalmente residuos de la disolución de las calizas son suelos fértiles y

frecuentemente calcáreos, pero inapropiados en su mayoría para la agricultura, debido a la poca profundidad y las pendientes pronunciadas en las que se les encuentra. Son altamente susceptibles a la erosión (INEGI 1996).

(Uvalle, 2000) hace mención que para que una plantación de *Agave Tequilana* tenga buena eficiencia los suelos deben tener un rango de pH de entre 6.00 a 8.50 y muestra tolerancia a suelos con salinidad ligera o media, aunque se deben evitar aquellos con niveles extremadamente ácidos o alcalinos las especies pueden adaptarse en suelos delgados como profundos con una textura media para generar buen desarrollo, lo que significa que deben tener un adecuado drenaje y aireación.

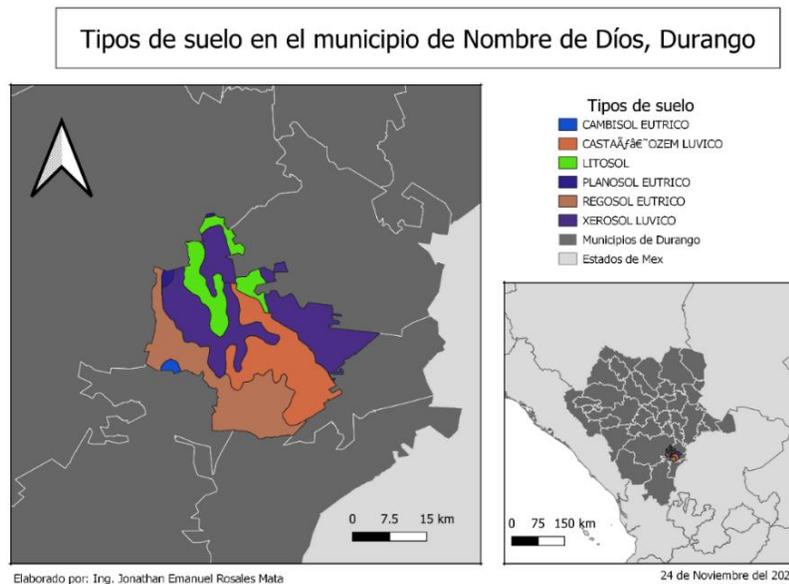


Figura 3. Tipos de suelo en el municipio de Nombre de Dios Durango

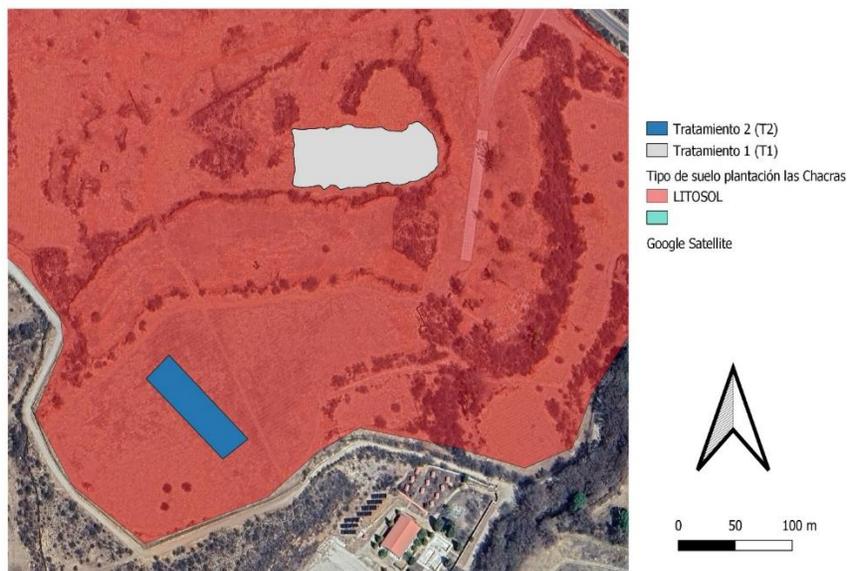


Figura 4. Tipos de suelo en plantación de *Agave durangensis* predio la Chacras

Los suelos francos, franco arcillosos y franco-arenosos son ideales, especialmente en regiones con precipitaciones anuales superiores a 1100 mm. En regiones con lluvias más bajas, alrededor de 700 mm anuales, se recomiendan suelos con mayor capacidad de retención de humedad (FAO 2000). En este caso, los suelos de textura pesada como los arcillosos o limo-arcillosos son más adecuados.

METODOLOGÍA

Diseño experimental

La investigación se llevó a cabo en una plantación de *Agave durangensis* de 17 hectáreas, establecida en julio-agosto de 2021, durante el ciclo de lluvias. Con el objetivo de caracterizar el crecimiento, comportamiento y supervivencia de las plantas, se establecieron dos parcelas experimentales: T1 y T2 (Figura 5).

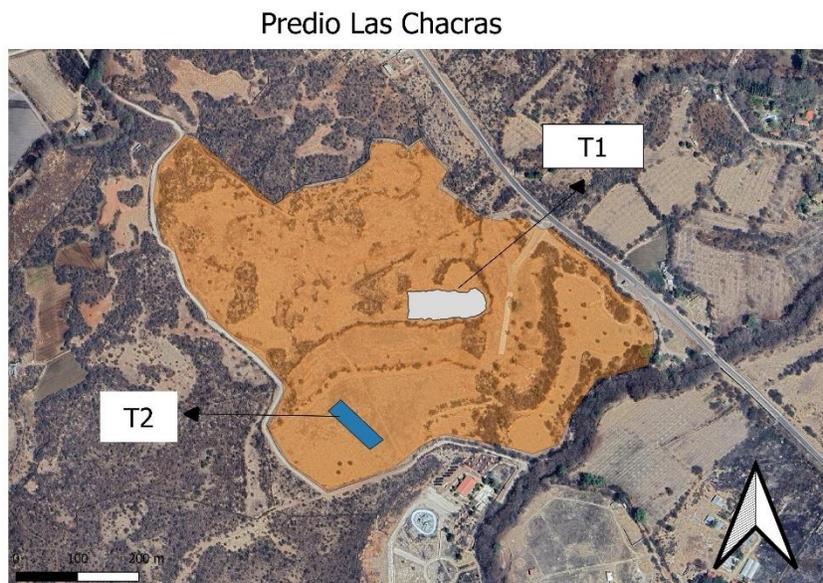


Figura 5. Distribución de tratamientos experimentales

Tratamiento 1 (T1)

El tratamiento 1 se llevó a cabo en un área de 3218 m², donde se encontraban 958 plantas de *A. durangensis*. De estas, solo 480 plantas fueron seleccionadas para la experimentación, utilizando un diseño experimental al azar con 4 repeticiones, cada una con 96 plantas.

Características de las plantas

Las plantas establecidas en el tratamiento 1 tenían una edad de un año y medio, y habían sido germinadas y crecidas en vivero. El marco de plantación utilizado fue lineal, con distanciamientos de 2,8 m entre líneas y 1,3 m entre plantas (Figura 6). Esto dio como resultado una densidad de 2747 plantas por hectárea.

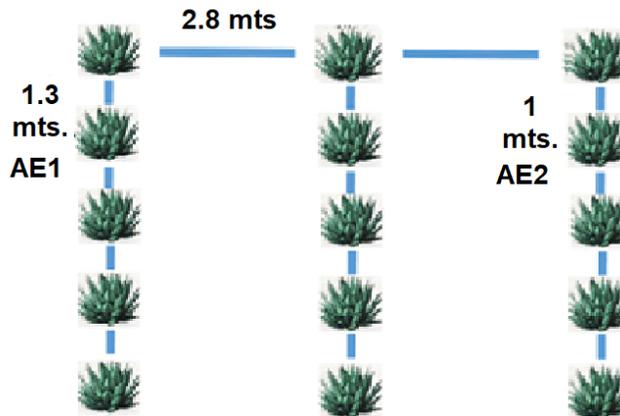


Figura 6. Marco de plantación de T1

Tratamiento 2 (T2)

El tratamiento 2 se llevó a cabo en un área de 3217 m², donde se encontraban 670 plantas de *A. durangensis*. De estas, solo 480 plantas fueron seleccionadas para la experimentación, utilizando un diseño experimental al azar con cuatro repeticiones de 96 plantas cada una.

Características de las plantas

Las plantas establecidas en el tratamiento 2 tenían una edad de dos años y medio, y habían sido germinadas y crecidas en vivero. El marco de plantación utilizado fue lineal, con distanciamientos de 3,20 m entre líneas y 1,5 m entre plantas (Figura 7). Esto dio como resultado una densidad de 2080 plantas por hectárea.

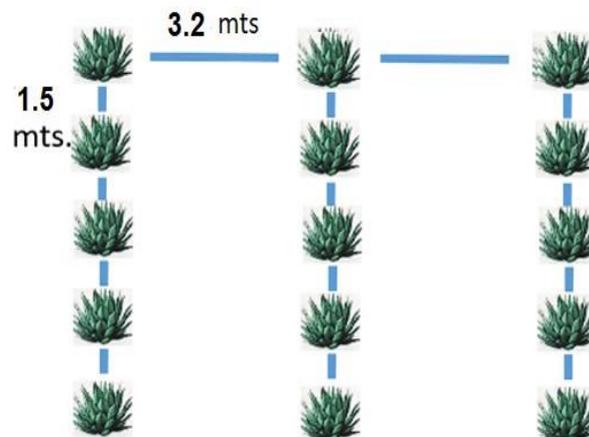


Figura 7. Marco de plantación de T2

Establecimiento de plantación

Para el establecimiento de la plantación en el predio "Las Chacras", se utilizó maquinaria pesada (D6) para desmontar el terreno. Debido a las características del predio, solo se realizó un paso de subsuelo para posteriormente delimitar los marcos de plantación.

Preparación de las plantas

Las plantas de agave se germinaron y crecieron en un vivero forestal, donde estaban en sistemas de pre-acondicionamiento con riego por goteo. Posteriormente, se transportaron a un centro de acopio dentro del predio, donde se clasificaron por tamaños y edades diferentes.

Poda radicular y plantación

Antes de ser plantadas, se les realizó una poda radicular a las plantas, eliminando el 75% de la raíz y dejando un 25% para que sirviera de anclaje. Luego, se plantaron los agaves en el predio.

Tratamiento preventivo

Después de plantar los agaves, se realizó un curado preventivo con un bactericida y un enraizador para evitar bacterias ocasionadas por el estrés de la poda radicular y el cambio de ambiente. La dosis empleada fue de 1 kg de bactericida (sulfato de cobre) + 1 kg de enraizador en 200 litros de agua. La aplicación se hizo vía drench dirigida al cogollo de los agaves con mochila aspersora, aplicando 120 ml de líquido por planta.

Variables evaluadas

Para evaluar el crecimiento, comportamiento y supervivencia inicial de las plantas en su primera etapa de crecimiento, se realizaron evaluaciones periódicas cada 2 meses durante un lapso de 8 meses. La primera evaluación se llevó a cabo a las cuatro semanas de establecidas las parcelas, una vez concluido el temporal de lluvias.

Se evaluaron las siguientes variables morfológicas de la planta:

1. Altura (cm): Medida desde la base de la planta hasta la punta de la hoja más alta.
2. Diámetro de la piña (mm): Medida del diámetro de la piña en su punto más ancho.
3. Diámetro de roseta (cm): Medida del diámetro de la roseta de hojas.

4. Ancho de penca (cm): Medida del ancho de la penca en su punto más ancho.
5. Número de hojas: Cantidad total de hojas presentes en la planta.
9. Supervivencia: Evaluación de la supervivencia de las plantas durante el período de estudio.

Muestreos y Procesamiento de Datos

Se realizaron muestreos cada dos meses, iniciando a los dos meses posteriores al establecimiento de la plantación. Para la recolección de datos, se seleccionaron 24 plantas de cada repetición, considerando solo las plantas del centro y evitando:

- 2 plantas de las líneas de las orillas
- 6 plantas del inicio de las líneas plantadas (Figura 8).

Estas plantas fueron marcadas con etiquetas para identificar los tratamientos y numeradas para facilitar la identificación en evaluaciones posteriores, garantizando que se tomaran datos de las mismas plantas en cada evaluación.

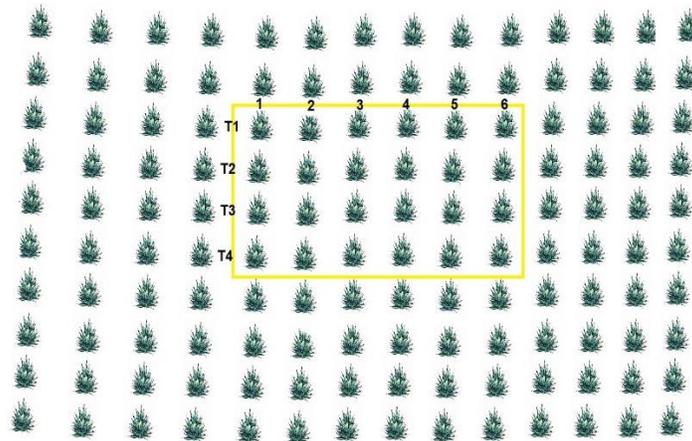


Figura 8. Diseño de plantas muestreadas por tratamiento

Análisis Estadístico

Los datos fueron sometidos a análisis estadístico utilizando:

Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk: para evaluar la distribución de los datos y determinar si se ajustaban a una distribución normal. Para datos que no cumplen la normalidad, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, la cual es una alternativa a ANOVA y permite comparar medianas en más de dos grupos sin necesidad de asumir normalidad.

Los resultados indicaron que hay diferencias significativas en algunas variables entre los tratamientos, lo que sugiere que las condiciones experimentales pueden haber influido en el desarrollo del agave.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura

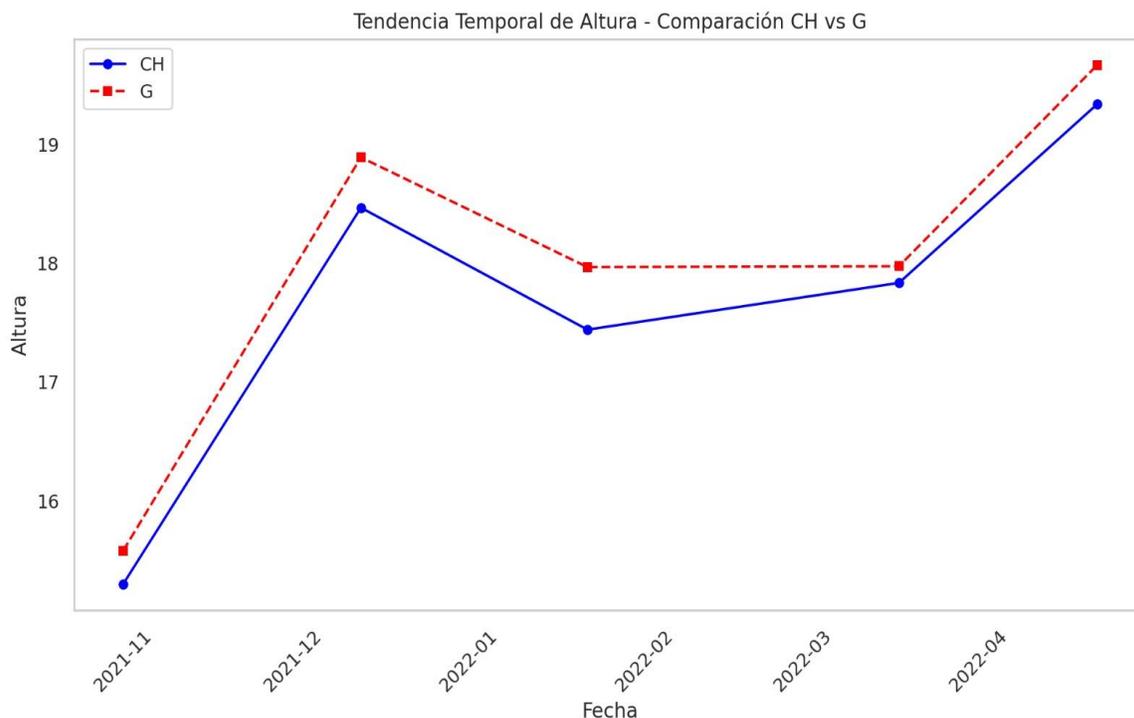


Figura 9. Tendencia temporal de altura por tratamiento

La primera evaluación no mostró crecimiento en las plantas, lo que sugiere que las condiciones iniciales no eran favorables para el crecimiento, la combinación de estrés, desarrollo de raíces y condiciones climáticas adversas pudieron haber afectado negativamente el crecimiento

La evaluación de diciembre mostró un crecimiento exponencial, con el T2 (plantas grandes) presentando un aumento en altura más evidente que el T1 (plantas pequeñas) la reducción en el crecimiento de las plantas en enero a marzo se debió al estrés climático causado por bajas temperaturas una vez superada la etapa invernal, las plantas experimentaron un crecimiento evidente, con el T2 siendo el más sobresaliente

Hijuelos de *Agave tequilana* de primer corte (2 años) presentan un mayor crecimiento de altura y diámetro que hijuelos pequeños (1 año) esto se debe que las plantas de primer corte

tienen una mayor reserva de nutrientes y una mayor capacidad de fotosíntesis, lo que les permite crecer más rápidamente (Perez-Dominguez. 2007). Por otro lado (García-Mendoza 2007) menciona que la edad de las plantas de agave es un factor importante que influye en su crecimiento y desarrollo plantas viejas tienen una mayor tasa de crecimiento y una mayor producción de biomasa que las plantas más jóvenes debido a la acumulación de reservas de nutrientes y carbohidratos además de desarrollar mecanismos de defensa contra los factores de estrés biótico.

Diámetro de Piña

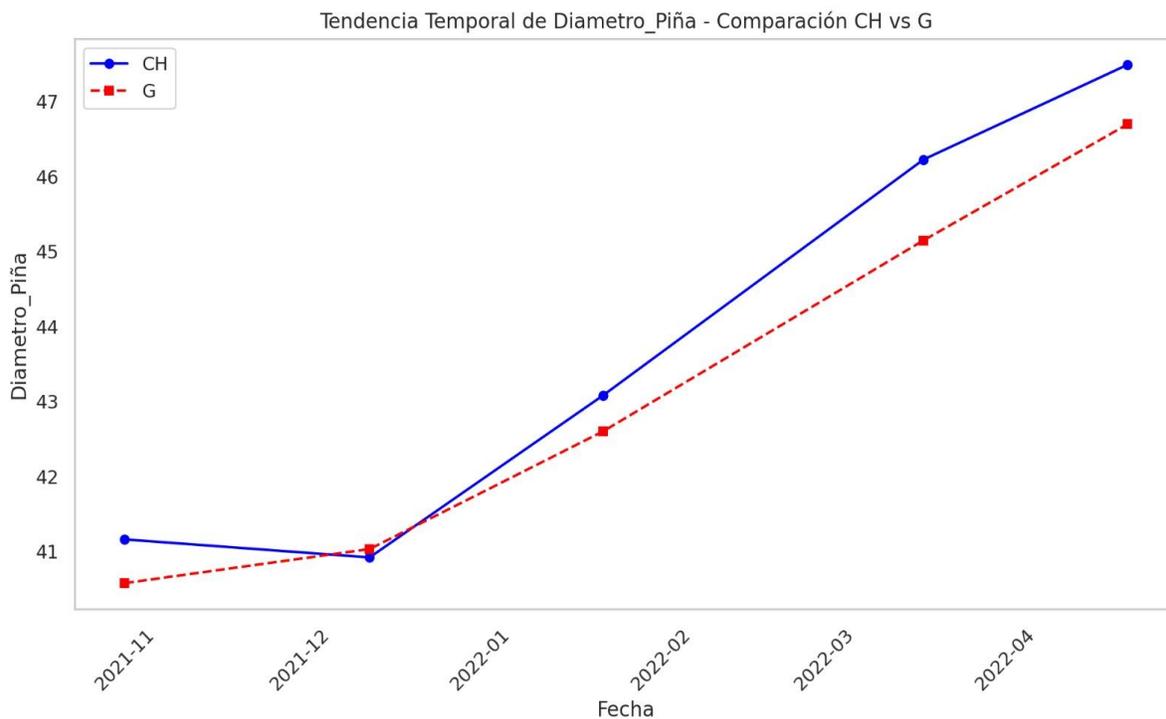


Figura 10. Tendencia temporal de diámetro de piña por tratamiento

En cuanto al diámetro de la piña, se observó una tendencia constante de aumento en ambas variedades. Las plantas del T1 mostraron un aumento significativo, pasando de un diámetro inicial de 41 cm a 48 cm en la evaluación final. Aunque las plantas del T2 también presentaron una tendencia exponencial, su crecimiento fue ligeramente más lento, alcanzando un promedio de 46.5 cm en la evaluación final.

Comparando los resultados de altura se esperaba que para esta variable las plantas pudieran haber tenido el mismo comportamiento de crecimiento sin embargo pudieron haber sido varios factores que limitaran el desarrollo de piña del T2 al ser plantadas más grandes es

posible que hayan experimentado un mayor estrés por trasplante, lo que podría haberlas afectado negativamente en esta variable. Por su parte en un estudio realizado por (Guadalupe V.Z. 1987) sobre los efectos de la poda en el crecimiento de *A. Tequilana*, menciona que en plantas de 1 a 3 años el estrés de los agaves ocasionado por condiciones climatológicas disminuye el crecimiento su masa foliar aumentando el crecimiento de la piña por el almacenamiento de carbohidratos. También (Lobell, et al. 2006) comenta que la pérdida de rendimientos del agave en etapas de crecimiento es por las condiciones hídricas donde se establecen las plantaciones de agave.

Mismo estudio realizado por (Guadalupe V.Z. 1987) hace mención que plantas de tamaños grandes por tener mayor biomasa generan una mayor superficie fotosintética la cual permite capturar mayor energía solar producir mas glucosa y a su vez estimular mayor mente el crecimiento de las plantas. Las plantas del T2 (plantas grandes) tenían un mayor tamaño en las variables evaluadas, sin embargo, cuando se enfrentaron al estrés generado por las bajas temperaturas, su desarrollo se redujo temporalmente, una vez que superaron esta etapa de estrés, el crecimiento de las plantas del T2 continuó de manera normal, lo que sugiere que estas plantas tienen una mayor resiliencia y capacidad para recuperarse del estrés.

Diámetro de roseta

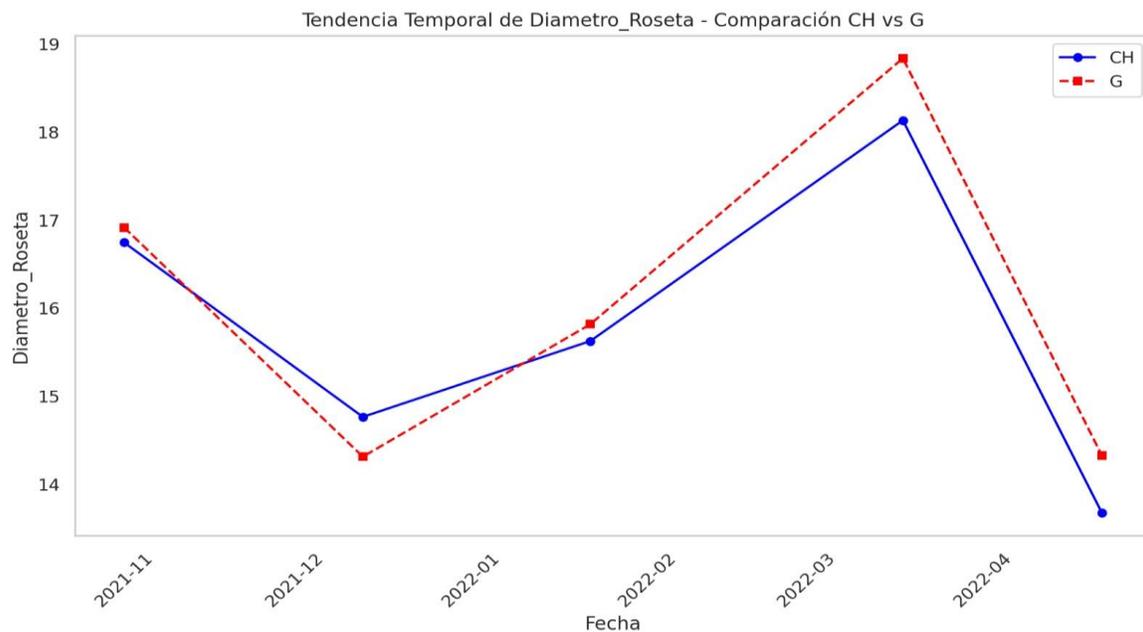


Figura 11. Tendencia temporal de diámetro de roseta por tratamiento

En el análisis del diámetro de la roseta, se observó una dispersión significativa en los datos de ambos tratamientos. En noviembre, las plantas de ambos tratamientos (T1 y T2) presentaron un diámetro promedio de 17 cm, lo que indica una adaptación exitosa al establecimiento en campo.

Sin embargo, en las evaluaciones posteriores (diciembre, enero y abril), se observó una reducción considerable en el diámetro de la roseta en ambos tratamientos. En diciembre, las plantas del T2 fueron las más afectadas por el frío, con un diámetro promedio de 14 cm. Aunque en meses posteriores las plantas del T2 superaron a las del T1 en esta variable, en abril (mes de sequía) las plantas volvieron a presentar valores muy bajos, especialmente las del T1, con un diámetro promedio de 13 cm. Esto sugiere que estrés por las altas temperaturas y la sequía afectan más a las plantas más pequeñas.

Nobel, P. S (1988) Menciona que los agaves cierran sus hojas en invierno debido al proceso metabólico acumulación de ácido málico el cual es una adaptación para protegerse del estrés ambiental y conservar los recursos sobre la temporada de invierno. Para el caso del estrés en temporada de seca los agaves cierran sus hojas como una estrategia para reducir la transpiración, conservar agua y de esa manera protegerse del estrés hídrico para adaptarse a las altas temperaturas.

Los agaves en el desierto de Chihuahua, México, cierran sus hojas durante la estación seca para reducir la transpiración y conservar agua esta acción ayudo a reducir la tasa de transpiración en un 50% cuando cerraron sus hojas durante esta etapa (García-Mendoza, 2005).

Un estudio sobre orientación de una plantación agroforestal de agave *crupeata* bajo diferentes condiciones agronómicas genero menor diámetro de roseta en áreas de mayor estrés ya sea por la sombra de otros cultivos o bien por la competencia de nutrientes en estas condiciones (P Lobtt .2004).

Numero de hojas

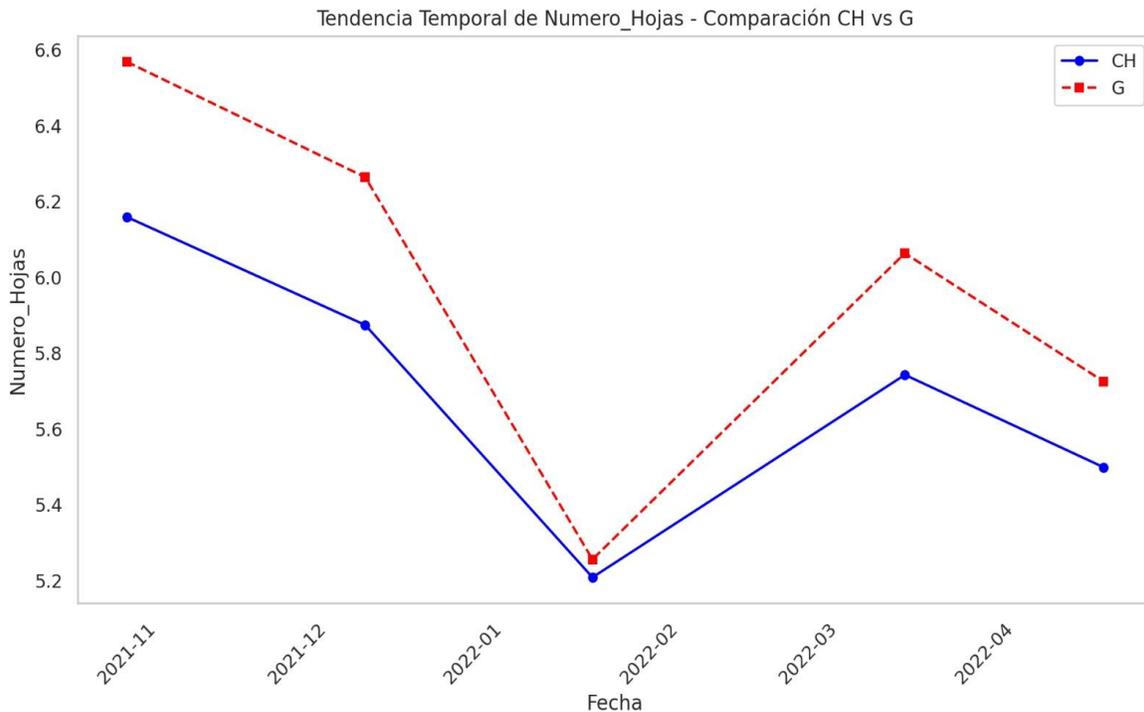


Figura 12. Tendencia temporal de número de hojas por tratamiento

El análisis del número de hojas de agave reveló una tendencia similar en ambos tratamientos T1 y T2 (planta chica y planta grande). En noviembre, las plantas chicas presentaron un promedio de 6 hojas, mientras que las plantas grandes presentaron un promedio de 7 hojas.

A lo largo de las mediciones posteriores, se observó que ambos tratamientos mantuvieron una tendencia similar, con una pérdida de hojas en enero y una recuperación en marzo. Sin embargo, en abril, ambos tratamientos volvieron a perder una hoja misma característica de las variables anteriores donde los tratamientos se ven afectados por algún estrés biótico.

En general, las plantas grandes tendieron a presentar un mayor número de hojas que las plantas chicas, aunque la diferencia no fue significativa en todos los meses. Los resultados sugieren que el número de hojas de agave puede ser influenciado por factores ambientales, como la temperatura y la humedad, y que las plantas grandes pueden tener una mayor capacidad para recuperarse de pérdidas de hojas.

Según Zuñiga-Estrada et al. (2018), los hijuelos de *Agave Tequilana* en sus etapas iniciales

de crecimiento en plantación, presentan un mayor número de hojas y crecimiento en altura cuando se someten a un manejo mediante plan de nutrición por fertirriego, en comparación con plantas sin ningún tipo de manejo.

La calidad del hijuelo y la selección adecuada del sitio de plantación son características indispensables para garantizar un buen desarrollo de las plantaciones de *Agave tequilana*. Sin embargo, estas prácticas no son las únicas que juegan un papel importante en el éxito del cultivo. La fertilidad del suelo, especialmente en las etapas iniciales del cultivo, es fundamental para el crecimiento y desarrollo de las plantas de agave. Fregoso-Zamorano et al. (2023).

Sin embargo, en el caso de *A. durangensis*, establecer sistemas de fertirriego puede ser poco viable debido a las condiciones climáticas y de suelo en las que se establecen las plantaciones. En su lugar, se puede implementar un plan nutricional inicial y plantar el agave en meses donde el ciclo de lluvia inicie, con el objetivo de aprovechar la humedad del suelo y permitir que el plan nutricional ayude en la adaptación y desarrollo de las plantas en estas etapas iniciales para generar un mayor despliegue de hojas antes de las bajas o altas temperaturas.

Un estudio realizado por Hernández-Vargas (2017) sobre el efecto de la poda de raíz y pencas con manejo de riego por goteo en *Agave druangensis*, reveló que las plantas sometidas a poda de raíz y sin poda de hojas presentaron incrementos significativos en la altura de la planta y el número de hojas desplegadas en las etapas iniciales.

Esta técnica de manejo se ha implementado exitosamente en el *Agave tequilana*, donde la preparación del hijuelo para su establecimiento en campo incluye la poda de raíz y pencas para estimular el crecimiento de las raíces y promover su desarrollo, además que sirve para facilitar el plantado de la planta.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este estudio demostró que la especie *Agave durangensis* presenta un crecimiento inicial significativo en plantaciones de año 0 sobre todo en plantas de características grandes semejantes al T2, especialmente en variables de diámetro de altura, diámetro de roseta y despliegue de hojas nuevas. Sin embargo, se observó que el crecimiento reduce o se mantiene por factores ambientales como el estrés por sequía e invierno. Plantas pequeñas presentan un crecimiento más evidente en diámetro de piña que de altura esta condición favorece a determinar establecer plantas pequeñas en sitios donde existan condiciones desfavorables donde la planta se pueda desarrollar.

Es importante para futuras plantaciones de *agave durangensis* seleccionar sitios adecuados donde la labranza de los suelos, la época de plantación a inicios de ciclo de lluvias y algún paquete nutrimental puedan implementarse para asegurar mas el desarrollo de las plantas establecidas en campo, sugerir al productor a plantar plantas de tamaños y edad grandes como las del T2 favorecerá sin duda al crecimiento optimo del agave desde su etapa inicial de desarrollo.

REFERENCIAS

- Argentel-Martínez, L., Fonseca-Reyna, I., Garatuza-Payan, J., Yépez-González, E., & González-Aguilera, J. (2017). Efecto de la salinidad en callos de variedades de trigo durante el cultivo in vitro. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(3), 477-488. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i3.25>.
- Callen, E. O. 1965. Food habitats of some pre-Columbian Mexican Indians. *Economic Botany* 19: 335-343.,
- Cen-Cen, E. R., Gómez-Merino, F., & Martínez-Hernández, A. (2015). Tolerancia de agave tequilana a altas concentraciones de cationes metálicos divalentes. *Polibotánica*, 40,163-182.
- Colunga-GarcíaMarín, P. and D. Zizumbo-Villarreal. 2006. Tequila and other Agave spirits from West-Central Mexico: current germplasm diversity, conservation and origin. *Biodiversity and Conservation*. DOI: 10.1007/s10531-006-9031-z. Issue: Online First. Pages: 1 – 15. 09 July.
- EGUIARTE, L., & González, A. G. (2007). De genes y magueyes estudio y conservación de los recursos genéticos del tequila y el mezcal. *Ciencias*, (087).
- Enríquez-del Valle. JR. 2008. La propagación y crecimiento de Agaves. Fundación Produce Oaxaca, A. C. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Oaxaca. México. 46
- FAO (2000) El Proceso Analítico Jerárquico y su Aplicación para Determinar los Usos de la Tierra. Informe Técnico No. 2. Santiago, Chile. 65 p.
- García-Mendoza, A. 1998. Con sabor a maguey. Guía de la colección nacional de agavaceas y nolináceas del jardín botánico del Instituto de Biología de la UNAM. ISBN 968-7365-07-2. Edit. Sistemas de Información Geográfica. S.A. de C.V.-UNAM.
- García-Mendoza, A. 2002. Distribution of the genus *Agave* (Agavaceae) and its endemic species in Mexico. *Cactus and Succulent Journal (US)* 74: 177-187.
- García-Mendoza, A. (2005). Water relations of *Agave* spp. in the Chihuahuan Desert. *Journal of Arid Environments*, 63(2), 247-256. doi: 10.1016/j.jaridenv.2005.03.011
- Garcia Mendoza, A. 2007. Los agaves de México (en línea). *Redalyc*. (087): 14-23 p.

- Jonathan Emanuel Rosales Mata (2025). *CARACTERIZACIÓN DE CRECIMIENTO INICIAL Y DESARROLLO DE DOS TIPOS DE PLANTA DE Agave durangensis EN UNA PLANTACIÓN EN EL ESTADO DE DURANGO*. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Gentry, Howard Scott. 1982. *Agaves of continental North America*. The University of Arizona Press, Tucson, Az. U.S.A. 670 p.
- Gómez-Pompa, M. 1963. El género *Agave*: Cactaceas y suculentas mexicanas, 8(1):3-28, México.
- Guadalupe, V. Z. A. (1987). La poda en el agave tequilero (*agave tequilana weber*) y su influencia en la productividad.
- Franco, A. C., & Nobel, P. S. (1988). Interactions between seedlings of *Agave deserti* and the nurse plant *Hilaria rigida*. *Ecology*, 69(6), 1731-1740.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e informática). (1986). Síntesis geográfica del estado de Nuevo León.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, INEGI (2005) Sistema de Elevación digital In: <http://www.inegi.gob.mx> (15/10/05).
- Lobell D.B.; C.B. Field; K.N. Cahill and C. Bonfils. 2006. Impacts of future Climate change on California perennial crop yields: Model projections with Climate and crop uncertainties. *Agricultural and Forest Meteorology*. 141: 208-218. Lobell D.B.; C.B. Field; K.N. Cahill and C. Bonfils. 2006. Impacts of future Climate change on California perennial crop yields: Model projections with Climate and crop uncertainties. *Agricultural and Forest Meteorology*. 141: 208-218.
- Lobtt, P. Orientación a la luz de la plantación de *Agave cupreata* Trel. y Berger, bajo manejo integral, Tzitzio, Mich.
- López-Serrano, P.M., Hernández-Ramos, A., Méndez-González, J., Martínez-Salvador, M., Aguirre-Calderón, O., Vargas-Larreta, B., Corral-Rivas J.J. 2021. Mejores prácticas de manejo y ecuaciones alométricas de biomasa de *Agave durangensis* Gentry., en el estado de Durango. Proyecto: 2017-4-292674. CONAFOR-CONACYT. México.
- Hernández-Ramos, J., García-Magaña, J. J., Olvera-Delgadillo, E. H., Velarde-Ramírez, J. C., García-Cuevas, X., & Muñoz-Flores, H. J. (2014). Índice de sitio para plantaciones de *Pinus greggii* Engelm: en Metztitlán, Hidalgo, México. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 20(2), 167-176.
- Hernández-Vargas, G., Orea-Lara, A., Cifuentes-Díaz. (2015). EFECTO DE LA PODA EN PLANTAS AGAVE MEZCALERO DURANTE EL TRASPLANTE A CAMPO: CIIDIR. Instituto Politécnico Nacional, Unidad Durango – Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario, Durango. Dgo.

- Jonathan Emanuel Rosales Mata (2025). *CARACTERIZACIÓN DE CRECIMIENTO INICIAL Y DESARROLLO DE DOS TIPOS DE PLANTA DE Agave durangensis EN UNA PLANTACIÓN EN EL ESTADO DE DURANGO*. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Olivas-Gallegos, UE; Valdez-Lazalde, JR; Aldrete, A; GonzálezGuillén, M; Vera-Castillo, G. 2007. Áreas con aptitud para establecer plantaciones de maguey cenizo: definición mediante análisis multicriterio y SIG. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30:411-419.
- Pérez Domínguez, J. F. (2007). Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de agave tequila weber en la zona de denominación de origen del tequila.
- Rodríguez, J. L. G., López, H. S., Rodríguez, J. Á. S., & González, J. C. M. (2023). *PRODUCCIÓN DE PLANTA Y ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES COMERCIALES DE Agave durangensis Gentry*.
- Rosales M, S., Hernández A, M., Sarmiento L, H., Sígala R, JA. 2014. Producción de planta de Agave durangensis en sistema de acolchado y riego por goteo. Folleto Técnico, N°76. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. Durango. Durango.
- Rosales M, S; Sígala R, J A; Prieto R, JA; Basave V E; Sarmiento L, H; García R, J L y García P, JL. 2016. Establecimiento y monitoreo de una plantación de Pinus engelmannii Carr. en el suroeste de Durango. Folleto Técnico, N°81. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. Durango. Durango. 32 p.
- RAMÍREZ-TOBIÁS, HM, PEÑA-VALDIVIA, CB, AGUIRRE R, JR, REYES-AGÜERO, JA, SÁNCHEZ-URDANETA, AB, & VALLE G, SALVADOR (2012). Temperaturas de germinación de semillas de ocho especies de Agave mexicano con importancia económica. *Biología de especies vegetales* , 27 (2), 124-137.
- Uvalle-Bueno, J.X. y R. Osorio-Alatorre. 2000. Análisis de agua, suelo y planta, su interpretación y utilidad agrícola. Memoria Primer Curso Regional de Capacitación Agrotecnológica. Cd. Obregón, Sonora. México.
- Uvalle, B. J. X., & Vélez, G. C. (2007). Nutrición del Agave tequilero (Agave tequilana Wever var. azul). *Conocimiento y Prácticas Agronómicas para la Producción de Agave tequilana Weber en la Zona de Denominación de Origen del Tequila*.
- Valenzuela R J F, O H Velasco G, M A Marcos L (2003) Desarrollo Sustentable de Agave Mezcalero en Durango. CIIDIR . Instituto Politécnico Nacional, Unidad Durango – Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 171. Nombre de Dios, Durango. 188 p.

Jonathan Emanuel Rosales Mata (2025). CARACTERIZACIÓN DE CRECIMIENTO INICIAL Y DESARROLLO DE DOS TIPOS DE PLANTA DE Agave durangensis EN UNA PLANTACIÓN EN EL ESTADO DE DURANGO. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León.