

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
UNIDAD XOCHIMILCO  
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION AGRÍCOLA Y ANIMAL  
LICENCIATURA EN AGRONOMÍA

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL:

**Plantas silvestres vs plantaciones establecidas en condiciones naturales:  
análisis de diversidad genética de *Agave potatorum***

Prestador de servicio social:

Noari Angel Rivas Serrano  
Matricula: 2133029760

Asesores:

Interno: Dra. Alma Amparo Piñeyro Nelson  
No. Económico: 39484  
Firma \_\_\_\_\_

Externo: Dr. Alfonso Valiente Banuet.  
No. Cedula profesional: 1732848  
Firma \_\_\_\_\_

Lugar de realización:

Instituto de ecología de UNAM. Laboratorio de ecología de comunidades. Circuito exterior S/N anexo Jardín Botánico exterior Ciudad Universitaria, Ciudad de México, C.P. 04500.

Fecha de inicio y término: 2 de mayo de 2018 a 30 de noviembre 2018.

## ÍNDICE

Resumen.....	3
Abstract.....	3
Introducción.....	4
Marco teórico.....	5
Objetivos.....	10
Métodos.....	10
Actividades realizadas.....	13
Objetivos y metas cumplidos.....	15
Resultados y discusión.....	15
Conclusiones.....	19
Recomendaciones.....	20
Bibliografía.....	21

## RESUMEN

*Agave potatorum* recibe el nombre de "papalometl" en el valle de Tehuacán-Cuicatlán y es la principal especie utilizada en la producción de mezcal en la región. La extracción constante y extensa de individuos reproductores y la posterior reducción del tamaño efectivo de la población pueden modificar los niveles y la distribución de la diversidad genética o la riqueza de alelos de dichos agaves. La mayor parte de la diversidad de los recursos genéticos del género es utilizada por los agricultores tradicionales, tanto para autoconsumo como para comercialización. Los agricultores tradicionales generalmente emplean una gran cantidad de variedades locales y mantienen una amplia base genética de ellas, por lo que el objetivo de este trabajo fue comparar la diversidad genética de poblaciones silvestres con la diversidad genética de plantaciones establecidas en condiciones naturales de *Agave potatorum* en San Juan Raya, Tehuacán Puebla.

A través de un análisis de la literatura previamente publicada se encontró que la diversidad genética de *A. potatorum* en poblaciones silvestres, poblaciones silvestres con extracción de individuos y poblaciones establecidas en viveros, es "intermedia-alta," con valores de heterocigosidad esperada ( $H_e$ ) de 0.36 a 0.64 sin diferencias significativas entre poblaciones y con un polimorfismo del 83%, concluyendo que aún se reflejan los patrones históricos de retención de diversidad genética dentro de las poblaciones silvestres y en las plantaciones establecidas en condiciones naturales.

## ABSTRACT

*Agave potatorum* is called "papalometl" in the Tehuacán-Cuicatlán valley and is the main species used in mezcal production in the region. The constant and extensive removal of reproductive individuals and the subsequent reduction of the effective population size can modify the levels and distribution of genetic diversity or allele richness of this species. Most of the diversity of the genetic resources of the genus is used by traditional farmers, both for self-consumption and commercialization. Traditional farmers generally use a large number of local varieties and maintain a broad genetic base of them; the objective of this work was to compare the genetic diversity of wild populations with the genetic diversity of plantations *Agave potatorum* established under natural conditions in San Juan Raya, Tehuacán Puebla.

Based on previously published studies we found that the genetic diversity of *A. potatorum* in wild populations, wild populations with extraction of individuals and populations established in nurseries, is "intermediate-high", with values of expected heterozygosity ( $H_e$ ) ranging from 0.36 to 0.64 without significant differences between them and polymorphism of 83%, concluding that the historical patterns of

retention of genetic diversity within wild populations and those in plantations established under natural conditions is still present.

## INTRODUCCIÓN

La época moderna, ha sido sinónimo de pérdida de biodiversidad en todos los sentidos: económica y cultural con la salvaje embestida de la globalización y biológica con la pérdida de ecosistemas, relaciones ecológicas, y número de especies (Valenzuela, 1995).

La diversidad genética constituye un componente de la biodiversidad, y como tal debe contemplarse su conservación y mantenimiento. La conservación y utilización de los recursos genéticos es de importancia estratégica para la humanidad (Becerra & Paredes, 2000).

La existencia de variabilidad en el interior de las especies es un hecho fácilmente perceptible; los individuos no son idénticos entre sí (Jiménez & Collada, 2000).

En comparación con otros géneros y especies, el nivel de conocimiento de la diversidad genética en el género *Agave* es limitado y se basa principalmente en caracteres morfológicos y citológicos (Gil *et al.*, 2001). Los datos genético-moleculares que analizan la estructura y variabilidad existente en las poblaciones de *Agave* son escasos (Alfaro *et al.*, 2007).

Los agaves pertenecen a la familia Asparagaceae, que comprende 9 géneros y 300 especies. El género *Agave* es relativamente reciente, con una antigüedad de aproximadamente 10 millones de años, con más de 160 especies, de las cuales cerca del 75% de ellas se encuentran en México, donde ha mostrado una alta variación adaptativa en diversos ecosistemas (Figuearado *et al.*, 2015) (García-Mendoza *et al.*, 2019).

*Agave potatorum* recibe el nombre de “papalometl” en el valle de Tehuacán-Cuicatlán y es la principal especie utilizada en la producción de mezcal en la región. Se extrae silvestre de las comunidades vegetales locales y al no ser cultivada la intensidad de extracción pone en riesgo la integridad de sus poblaciones, así como las comunidades vegetales en las que se encuentra (Delgado-Lemus, 2008).

En algunos poblados donde no se produce mezcal, *A. potatorum* es una fuente importante de ingresos para las familias que lo cortan para venderlo a los mezcaleros de los pueblos vecinos (Echeverría, 2003).

Informes anteriores sobre especies cultivadas de *Agave* sugieren que el género es muy sensible a las fuertes presiones de selección y los cuellos de botella genéticos. (Gil-Vega *et al.*, 2005).

La reducción del tamaño efectivo de la población puede modificar los niveles y la distribución de la diversidad genética o la riqueza de alelos de dichos agaves (Aguirre-Dugua & Eguiarte. 2013). Diversos autores, han identificado en estudios que *A. potatorum* es una de las especies con más altos índices de riesgo debido principalmente a la elevada extracción de agaves para la elaboración de mezcal, así como a los limitados o inexistentes esfuerzos de manejo para contrarrestar dicho riesgo (Torres *et al.*, 2013).

Con este trabajo se aspira a generar información útil que contribuya a la toma de decisiones en el macroproyecto “producción sustentable de agaves mezcaleros en el valle de Tehuacán-Cuicatlán” realizado por el Laboratorio de Ecología de Comunidades del Instituto de Ecología de la UNAM, a cargo del Dr. Alfonso Valiente-Banuet.

## MARCO TEORICO

Las agaváceas son plantas de gran importancia cultural y económica, la mayor parte de ellas se tienen registradas por la estrecha relación de uso con el hombre desde épocas prehispánicas. Todas y cada una de las estructuras de la planta son aprovechadas como alimento, bebida (fermentada y destilada), medicina, fibras, material de construcción, forraje, ornato, uso ceremonial, combustible, sustituto del jabón, cercas vivas, etc. La relación hombre-planta abarca desde la recolección y aprovechamiento de ejemplares silvestres hasta el cultivo extensivo de numerosas especies domesticadas (García-Mendoza, 2011).

El género *Agave* es un habitante típico de los ecosistemas áridos y semiáridos de México, y posee un alto grado de endemismo. Aproximadamente el 75 % de las especies de agave son endémicas, y algunas de ellas tienen relevancia antropogénica desde la época prehispánica. La riqueza actual de especies de *Agave* se puede explicar en función del desarrollo de adaptaciones fisiológicas, morfológicas y ecológicas ocurridas hace 8 a 10 millones de años y que favorecieron que las nuevas especies de agave colonizaran las recién formadas zonas áridas que corresponden al actual Altiplano Central Mexicano (Lara-Ávila & Alpuche-Solís. 2016).

### Descripción de *Agave potatorum*.

De acuerdo con García-Mendoza (2011), *A. potatorum* presenta las siguientes características “**Rosetófilas** acaules, solitarias, rara vez colonias de 1-3 individuos; rosetas densas, 30.0-50.0 cm alto, 40.0-60.0 cm diámetro, estoloníferas. **Hojas** 30-60 (-100) por individuo, 15.0-35.0 cm largo, 8.0-10.0 cm ancho, ovadas, oblongas o lanceoladas, flexibles a rígidas, planas o ligeramente cóncavas en el ápice, engrosadas hacia la base, glaucas a verde-glaucas, margen sinuado a crenado, con mamilas 0.4-0.7 (-1.0) cm alto, dentado, dientes de la parte media, 0.4-0.6 (-1.2)

cm largo, 0.4-0.6 (-0.8) cm ancho, retrorsos, antrorsos o rectos, pardo claros a grisáceos, distantes entre sí 1.0-3.0 cm, espina terminal 3.0-4.0 cm largo, 4.0-7.0 mm ancho, recta o sinuosa, aguda, ampliamente acanalada a plana en el haz, decurrente ca. 1.0 cm, pardo claro grisácea. **Inflorescencias** en panículas laxas, 3.0-5.0 (-6.0) m alto, fértil en la mitad o el tercio superior, ramas primarias (7-) 11-25, 10.0-30.0 cm largo, distantes entre sí 15.0-30.0 cm, ocasionalmente ramas secundarias 0.5-4.0 cm largo; pedúnculo verde a pardo-rojizo; brácteas 12.0-20.0 cm largo, 3.5-4.0 cm ancho en la base, triangulares, cartáceas, con algunos dientecillos en el margen, espina terminal 0.5-2.5 cm largo, 0.7-1.0 cm ancho, pardo-rojiza; bractéolas de las ramas primarias 5.0-8.0 cm largo, 2.0-5.0 m ancho, ovadas, amplexicaules; pedicelos 1.0-1.5 cm largo. **Flores** (15-) 20-40 por umbela, (5.0-) 5.5-7.0 cm largo, campanuladas a ligeramente urceoladas, verde-amarillentas con tintes purpúreos o rojizos; **tépalos** 1.2-1.5 (-2.0) cm largo, 3.0-6.0 mm ancho, triangulares u oblongos, erectos, gruesos, los externos 1.0-2.0 mm más largos que los internos, margen involuto, ápice cuculado, duro, cuello 2.0-3.0 (-5.0) mm largo, tubo del perigonio (1.0-) 1.3-1.6 cm largo, (0.8) 1.3-1.8 cm diámetro en la porción distal, sulcado; **estambres** con filamentos 3.0-4.0 (-4.5) cm largo, aplanados adaxialmente, insertos a la mitad o en el tercer cuarto superior del tubo, amarillentos, a veces con tintes purpúrea, anteras 1.5-2.5 cm largo, 2.0-3.0 mm ancho, amarillentas; **ovario** 2.5-3.0 cm largo, 4.0-6.0 mm diámetro, cilíndrico a ligeramente triquetro, estilo 5.5-6.0 cm largo, estigma clavado. **Cápsulas** (3.5-) 4.0-6.0 cm largo, 1.5-2.0 cm diámetro, oblongas, rostradas, **semillas** 5.06.0 mm largo, 4.0-5.0 mm ancho, negras, ala inconspicua, como se observa en el anexo 1.

Se caracteriza por presentar rosetas densas, con hojas numerosas, planas, margen con pequeñas mamilas y dientes; inflorescencia paniculada con ramas primarias de 10-30 cm largo, distantes entre sí por 15.0-30.0 cm, presentes en la mitad o el tercio superior de la inflorescencia, las flores tienen tubo campanulado a ligeramente urceolado, los estambres están insertos a la mitad del tubo o en el tercer cuarto superior, relación de tubo: tépalos 1:1 o incluso el tubo llega a ser hasta 2 veces más largo que los tépalos” (García-Mendoza, 2011).

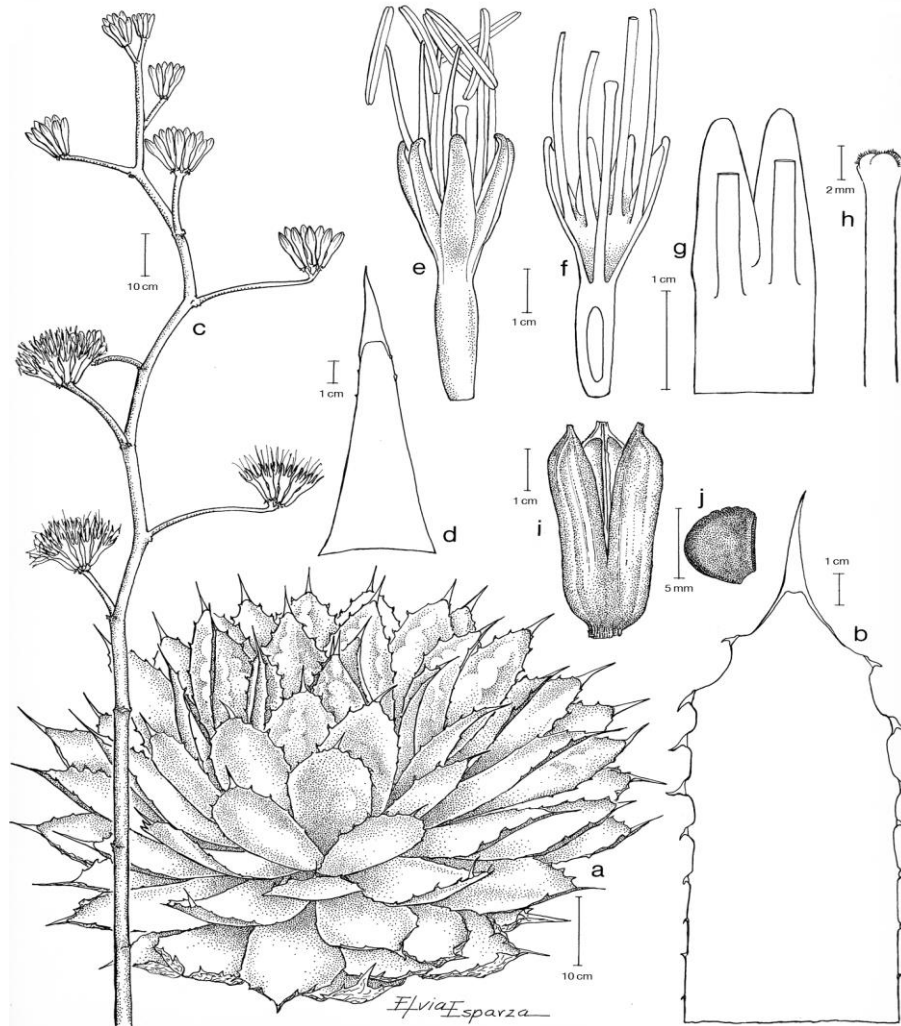


Figura 1. *Agave potatorum*. -a. Roseta. -b. Hoja. -c. Inflorescencia paniculada. -d. Bráctea del pedúnculo. -e. Flor en anthesis. -f. Corte longitudinal de la flor. -g. Detalle de la inserción del filamento. -h. Estilo y estigma. -i. Cápsula. -j. Semilla. Tomada de (García-Mendoza, 2011).

### Contexto de producción y demanda de mezcal

El tequila y el mezcal forman parte del mercado internacional de bebidas espirituosas, y poseen denominación de origen por la producción geográfica, siendo México el principal exportador de estas bebidas a nivel internacional, cuya producción se dirige a más de 740 destinos internacionales, lo que convierte a estas bebidas tradicionales mexicanas en las más representativas de nuestro país. (SAGARPA, 2017).

El mezcal, bebida destilada de agave, ha llegado a ser símbolo de lo mexicano. Los últimos quince años han sido testigos de la popularidad del mezcal, este fenómeno implica un aumento en la producción de dicha bebida y por ende un aumento en las plantaciones de los agaves utilizados en su elaboración (Eguiarte & González,

2007). Se estima que para 2018 la producción potencial de agave mezcalero es de 210.49 mil toneladas, dando lugar a la exportación de 2.74 millones de litros de mezcal (SAGARPA, 2017).

### Sitio de estudio

Junto a su importante historia cultural, el Valle de Tehuacán-Cuicatlán es depositario de una excepcional biodiversidad, que lo constituye en la zona árida y semiárida de Norteamérica con mayor riqueza biológica. Desde los primeros trabajos realizados en la zona, se revelaron los indicios de que en esta región existía una muy alta diversidad de especies vegetales y una elevada proporción (30%) de endemismos (Valiente-Banuet *et al.*, 2000).

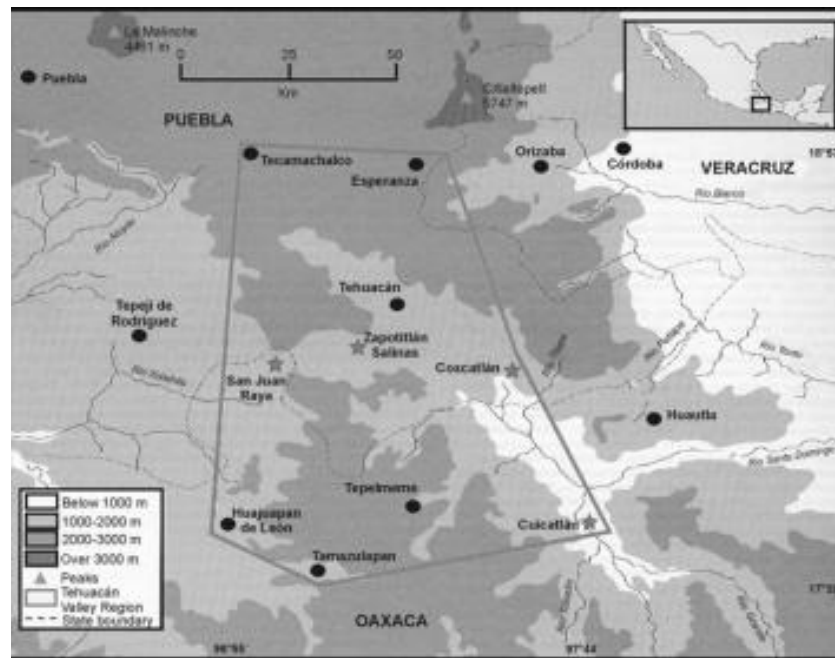


Figura 2. Localización del sitio de estudio. Tomada de (Dávila *et al.*, 2002).

El valle de Tehuacán-Cuicatlán se considera parte de la Región xerofítica mexicana y se encuentra en la parte sur del estado de Puebla y el norte de Oaxaca, entre 17°39' y 18°53' de latitud norte y entre 96°55' y 97°44' de longitud oeste (Figura 2). El valle cubre un área de casi 10 000 km<sup>2</sup> y representa un complejo mosaico fisiográfico con valles internos, separados por numerosas cadenas de montañas. Se considera una región semiárida, con una temperatura media anual de 21° C y una precipitación media anual de 400 mm. Las áridas condiciones del valle son principalmente el resultado del efecto de 'sombra orográfica' que produce la Sierra Madre Oriental (Dávila *et al.*, 2002).

Por la elevada diversidad de especies que es posible encontrar en la región, es de fundamental importancia analizar la distribución de las principales asociaciones



vegetales, así como la diversidad de especies entre las comunidades, como una forma de evaluar el papel de la heterogeneidad ambiental en la explicación de tal diversidad (Valiente-Banuet *et al.*, 2000).

### **Diversidad genética**

Históricamente, los estudios relacionados con diversidad genética en plantas han estado relacionados con datos arqueológicos, botánicos, lingüísticos, históricos y morfológicos (Becerra & Paredes. 2000).

La diversidad genética se define como las variaciones heredables que ocurren en cada organismo, entre los individuos de una población y entre las poblaciones dentro de una especie. Es el resultado de las diferencias que existen entre las distintas versiones (alelos) de las unidades de herencia (genes) de los individuos de una especie. Los genes son segmentos de ácido desoxirribonucleico (ADN) que se encuentran distribuidos en grupos de unidades denominadas cromosomas, cuyo número y forma varía entre especies; es en el ADN donde se encuentra codificada la información a partir de la cual se construyen los seres vivos. Las diferencias heredables constituyen la materia prima sobre la que actúan las fuerzas evolutivas y moldean la variada complejidad de los seres vivos. El resto de la biodiversidad se deriva de los procesos evolutivos que operan sobre esas variaciones (SEMARNAT, 2018; Piñero *et al.*, 2008; Eguiarte & González, 2007; Zapata, 2018)

### **Marcadores moleculares**

Los marcadores moleculares son biomoléculas que se pueden relacionar con un rasgo genético. Las biomoléculas que pueden ser marcadores moleculares son las proteínas (antígenos e isoenzimas) y el DNA (genes conocidos o fragmentos de secuencia y función desconocida) (Claros. S/N). Para Valadez & Kahl (2000), un marcador se refiere a cualquier molécula de proteína, ARN, ADN de tamaño o peso molecular conocido que sirve para monitorear o calibrar la separación de estas, utilizando electroforesis o cromatografía.

Los marcadores del ADN se basan fundamentalmente en el análisis de las diferencias en pequeñas secuencias del ADN entre individuos (Azofeifa-Delgado, 2006).

Los marcadores moleculares son una herramienta necesaria en muchos campos de la biología como son la evolución, ecología, biomedicina, ciencias forenses y estudios de diversidad. Además, se utilizan para localizar y aislar genes de interés. En la actualidad existen varias técnicas moleculares que nos permiten conocer cómo se encuentran las variantes alélicas de genes en las poblaciones naturales de manera indirecta, como son los análisis de proteínas, o de manera directa con estudios de ADN. Los diferentes tipos de marcadores se distinguen por su

capacidad de detectar polimorfismos en loci únicos o múltiples y son de tipo dominante o codominante (Rentería, 2007).

Las técnicas empleadas para ello son muy diversas y dan el nombre a los distintos tipos de marcadores, los cuales pueden ser de carácter dominante o codominante (Karp; Edwards, 1998).

## **OBJETIVOS**

### **General**

- Comparar la diversidad genética de poblaciones silvestres con la diversidad genética de plantaciones establecidas en condiciones naturales de *Agave potatorum* en San Juan Raya, Tehuacán Puebla.

### **Específicos**

- Trasplantar individuos de *A. potatorum* establecidos en casa sombras a condiciones naturales en San Juan Raya, Tehuacán Puebla.
- Identificar y caracterizar los parches biológicos asociados a los individuos trasplantados de *A. potatorum* en San Juan Raya, Tehuacán Puebla.
- Establecer experimentos de germinación de semillas de *A. potatorum* en San Juan Raya, Tehuacán Puebla
- Evaluar la supervivencia de individuos trasplantados de *A. potatorum*.

## **MÉTODOS**

### **Diversidad genética**

Debido a circunstancias ajenas a mi persona, no fue posible cumplir de manera practica los objetivos planteados en este reporte de servicio social por lo cual solamente, se realizó un análisis bibliográfico sobre investigaciones previas relacionadas a la diversidad genética en donde se han usado marcadores moleculares en el género *Agave* y aún más exhaustiva para *A. potatorum*, tanto en poblaciones silvestres, plantaciones comerciales, vitroplantas trasplantadas a condiciones naturales, plantas establecidas en viveros y trasplantadas a condiciones naturales, entre los individuos de una población y entre las poblaciones dentro de una especie.

### **Trasplante de individuos de *A. potatorum***

Se trasplantaron 3500 individuos de dos años de crecimiento de *A. potatorum* establecidos en casa sombra al predio conocido como Lomalcoco, dicho trasplante se realizó en condiciones naturales, entendiéndose como condición natural, a la asociación indistinta con individuos de diversas especies con las que se encuentran comúnmente en hábitats naturales, en condiciones hídricas y de temperatura de la zona. Cada individuo se colocó aleatoriamente en espacio abierto o asociado a una planta nodriza y por lo tanto a un parche biológico. El total de individuos trasplantados fue etiquetado e identificado numéricamente. Se seleccionó aleatoriamente una muestra de 200 individuos para evaluar crecimiento y porcentaje de sobrevivencia, tomando como parámetros de crecimiento la altura del cogollo y el número de hojas de *A. potatorum*. Los datos obtenidos se procesaron mediante un análisis de clasificación simple agrupando los datos en tablas de frecuencias.



Figura 3. Trasplante de individuos juveniles de *A. potatorum*

### **Experimentos de germinación**

Se montaron 120 experimentos de germinación con exclusión y 120 sin exclusión asociados a una planta nodriza seleccionadas aleatoriamente siguiendo protocolos elaborados por el Laboratorio de Ecología de Comunidades, el cual consistió en

colocar exclusiones de tubos de PVC de 8 pulgadas de diámetro y tres centímetros de espesor con protección de malla de gallinero en la superficie para reducir la depredación natural; para los experimentos sin exclusión solo se colocaron mallas de 20cm x 10cm para reducir factores como escurrimientos, acción del viento, etc. (Figura 4). Se colocaron 5 experimentos en espacio abierto con y sin exclusión. Por cada experimento se colocaron 60 semillas, 30 con exclusión y 30 sin exclusión.

Al paralelo se realizó una prueba de germinación en laboratorio, la cual consistió en montar un diseño experimental con 4 repeticiones en donde se colocaron 60 semillas en cajas Petri con papel filtro en estufa a 30°C, con riego a capacidad de campo cada vez que se requiriera durante 10 días. Se considero como germinación al brote de la radícula.



Figura 4. Experimentos de germinación con y sin exclusión establecidos en campo.

### **Caracterización de parches biológicos**

Se identificó con base en el uso de claves taxonómicas de la flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán y en colaboración con botánicos del Instituto de Ecología de UNAM, la composición de la muestra de 200 parches biológicos y su respectiva planta nodriza.

## Establecimiento de casas sombras

Se construyeron dos casas sombras en predios comunitarios los cuales mediante asambleas con toda la comunidad fueron destinados a esta actividad. Las medidas de las casas sombras fueron de 10x25 m. y 6x15 m.

## ACTIVIDADES REALIZADAS

Fecha	Lugar	Duración	Actividades
4-05-18 a 14-05-18	San Juan Raya Zapotitlán Salinas, Tehuacán Puebla	10 días	<ul style="list-style-type: none"><li>-Medición de crecimiento y sobrevivencia de <i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i>.</li><li>-Medición de sobrevivencia de <i>Agave potatorum</i> en exclusiones.</li><li>-Identificación de individuos de <i>Agave potatorum</i> y <i>A. marmorata</i> en etapa de floración.</li><li>-Revisión de experimentos de polinización de <i>A. peacockii</i>.</li></ul>
7-06-18 a 12-06-18	Coxcatlán Puebla	5 días	<ul style="list-style-type: none"><li>-Colecta de frutos de <i>Pachycereus weberi</i>.</li><li>-Captura de dispersores diurnos y nocturnos de semillas de <i>P. weberi</i>.</li><li>-Montaje de experimentos para evaluar la dispersión de semillas.</li><li>-Horas observación de hábitos de consumo de aves y murciélagos dispersores de semillas de <i>P. weberi</i>.</li></ul>
	Laboratorio de Ecología de comunidades		<ul style="list-style-type: none"><li>-Mediciones de peso, diámetro ecuatorial y diámetro polar de frutos de <i>P. weberi</i>.</li><li>-Separación y conteo de semillas de <i>P. weberi</i> para evaluar remoción de semillas.</li></ul>

9-07-18 a 16-07-18	San Juan Raya Zapotitlán Salinas, Tehuacán Puebla	7 días	-Colecta de semillas de <i>A. potatorum</i> . -Reunión con pobladores de San Juan Raya Zapotitlán Salinas, Tehuacán Puebla. -Trasplante de plántulas de <i>A. potatorum</i> en condiciones naturales.
	Laboratorio de Ecología de comunidades		-Separación y conteo de semillas viables de <i>A. potatorum</i> . -Pruebas de germinación de semillas de <i>A. potatorum</i> .
14-08-18 a 23-08-18	Zapotitlán Salinas, Tehuacán Puebla	10 días	-Establecimiento de experimentos para medir el nicho de regeneración de <i>Neobuxbaumia tetetzo</i> . -Siembra y evaluación de germinación de semillas de <i>Neobuxbaumia tetetzo</i> .
14-09-18 a 19-09-18	San Juan Raya Zapotitlán Salinas, Tehuacán Puebla	5 días	-Montaje de experimentos para evaluar el nicho de regeneración de <i>A. potatorum</i> . -Identificación y caracterización de parches. -Siembra y monitoreo de semillas de <i>A. potatorum</i> . -Medición de crecimiento de plántulas de <i>A. marmorata</i> .
08-10-18 a 11-10-18	San Juan Raya Zapotitlán Salinas, Tehuacán Puebla	4 días	-Trasplante de plántulas de <i>A. marmorata</i> . -Medición de crecimiento de plántulas de <i>A. marmorata</i> .
			Revisión de la literatura publicada sobre estimación de diversidad y estructuración genética de poblaciones de <i>A. potatorum</i> .  Informe final

## OBJETIVOS Y METAS CUMPLIDOS

- Se cumplieron de manera satisfactoria los objetivos y metas planteadas ya que:
- se comparó de manera bibliográfica la diversidad genética presente en plantas silvestres con la diversidad genética de plantas provenientes de viveros y establecidas en condiciones naturales.
- Se trasplantaron más de 3000 individuos juveniles de *A. potatorum* establecidos en casa sombra a condiciones naturales.
- se recolectaron semillas de *A. potatorum* y de otros tipos de agaves de importancia económica y social del sitio de estudio para el establecimiento de viveros en casa sombra.
- Se logro establecer experimentos de germinación de semillas de *A. potatorum*, de otros tipos de agaves y de diferentes especies de cactus columnares.
- Se caracterizaron los parches biológicos asociados a 200 de los individuos trasplantados a condiciones naturales de *A. potatorum* y se identificó la planta nodriza de cada uno de ellos

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Diversidad genética

A pesar de aspectos fisiológicos (esta especie solo se reproduce sexualmente), culturales (la creciente sobre explotación en las poblaciones para la producción de mezcal) y demográficos (distribución restringida) por mencionar algunos en localidades aledañas al sitio de estudio, la diversidad genética de *A. potatorum* en poblaciones silvestres, poblaciones silvestres con extracción de individuos y poblaciones establecidas en viveros, en palabras de Fèlix-Valdez *et al.*, (2015), es “intermedia-alta,” con valores de heterocigosidad esperada ( $H_e$ ) de 0.36 a 0.64 sin diferencias significativas entre ellas, al igual que lo reportado por Aguirre-Dugua y Eguiarte (2013) en donde evaluaron la diversidad genética de *A. potatorum* en localidades del valle de Tehuacán-Cuicatlan con ISSRs para *A. potatorum*, confirmando la alta disponibilidad de diversidad genética con valor de  $H_e$  de 0.30 a 0.31 y polimorfismo del 83%, considerando se así que estos resultados reflejan los patrones históricos de retención de diversidad genética dentro de las poblaciones (Zapata, 2018). en contraste con lo ocurrido en la variedad azul de la especie *A. tequilana*, propagada por ramas asexuales y micro propagación, donde se tiene niveles muy bajos de diversidad genética (96% de similitud entre individuos con AFLP) (Gil-Vega *et al.*, 2005).

Por lo cual se puede decir que existe una tendencia de valores similares de diversidad genética para San Juan Raya, Tehuacán Puebla, tanto para sus poblaciones silvestres como para las poblaciones establecidas en condiciones naturales.

Hay que considerar que si bien, hasta la fecha el aprovechamiento de este recurso no ha tenido consecuencias sobre la diversidad genética de las poblaciones, esto podría estar relacionado con que aún no transcurre el tiempo evolutivo necesario para la fijación de caracteres a nivel genético y para poder observar las consecuencias del proceso de selección humana. Sin embargo si ha habido un aumento de la demanda de bebidas espirituosas y el incipiente manejo de las poblaciones ha generado una notoria disminución en la tasa de crecimiento poblacional (Torres *et al.*, 2013). (Torres *et al.*, 2015).

La creciente humanización de esta especie, expresándose en modificaciones del fenotipo, siendo el aumento del tamaño de la estructura morfológica usada, mayor producción del producto deseado (carbohidratos en la cabeza y pedúnculo, savia de la inflorescencia, fibra en las hojas), menor dentición, menor cantidad de saponinas, y siendo la longitud de las espinas laterales la característica más estrechamente relacionada con el estado silvestre o de domesticación (Mora López *et al.*, 2011; Alfaro *et al.*, 2007). Autores como Casas *et al.*, (2017) se refieren a las características antes mencionadas como las más notorias para todas las especies de agaves hasta la fecha.

Lo anterior puede indicar que la intensificación en el manejo de estos etnotaxones, lejos de disminuir la diversidad genética, la ha mantenido y quizás hasta aumentado. Esto concuerda con lo que se ha observado en poblaciones manejadas y silvestres de *A. angustifolia* (Vargas-Ponce *et al.*, 2007); *A. cupreata* (Aguirre-Duguá & Eguiarte 2013); *A. potatorum* (Félix-Valdez *et al.*, 2016); *A. inaequidens* (Figueredo-Urbina *et al.*, 2017); y *A. karwinskii* (Vázquez-Pérez *et al.*, 2020).

### **Trasplante de individuos de *A. potatorum***

Los datos obtenidos en la medición cero (previo al trasplante) y en la medición 1 (realizada a los dos meses del trasplante) de los parámetros evaluados, como fue el crecimiento, mostraron que si bien no hubo diferencias en el crecimiento del cogollo, que en promedio midió 7.1cm de alto, ni aumento en el número de hojas totales, donde el intervalo oscilaba de 2 a 21 hojas por individuo, al igual que ha sido reportado por Abreu *et al.*, 2007. Sí se manifestó marchitamiento en la o las hojas más viejas (como se muestra en la figura 5), que en promedio fue 1.5 hojas por individuo, siendo los individuos que presentaban entre 8 a 10 hojas los más afectados, con un promedio de pérdida de 2.6 hojas.

Esto debido a la incapacidad que presentan las plantas para controlar la pérdida de agua por efecto de la aclimatación, provocando un incremento brusco en la transpiración y reducción en su actividad fotosintética (Rogalski *et al.*, 2003); en



cuanto se presenta el estrés, las plantas reaccionan ralentizando o deteniendo sus funciones fisiológicas básicas y reduciendo su vigor (Tadeo & Gómez-Cadenas, 2013). Estos hechos pueden estar asociados con las variaciones en el contenido hídrico de las plántulas, como sucede en las hojas en estado de marchitez (característica usualmente visible en las plántulas después del trasplante), produciendo cierto incremento de la actividad respiratoria, puesto que ocurre la transformación de almidones en azúcares y, por consiguiente, una disminución del peso seco; además, está demostrado que en las plantas cuya tasa de crecimiento es cero, toda la respiración estará destinada a procesos de mantenimiento (Ribas-Carbó, 2013).

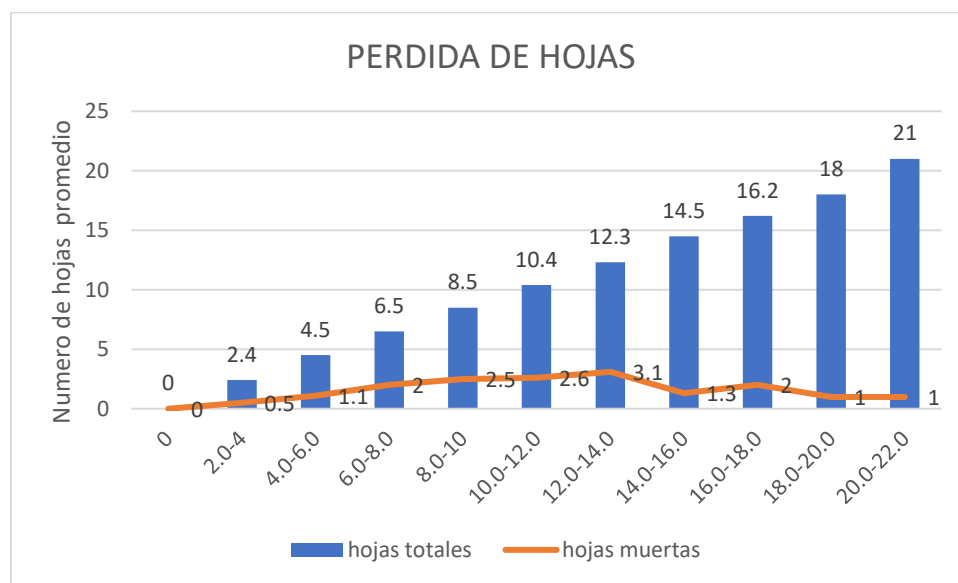


Figura 5. Número de hojas totales de individuos y pérdida de hojas post aclimatación.

### Experimentos de germinación

Fue difícil obtener información sobre la germinación de *A. potato* en campo, ya que los experimentos establecidos con y sin exclusión fueron susceptibles a la presencia de hormiga arriera (*atta* spp) arrasando con el 90 % de las semillas en experimentos sin exclusión y cerca del 75 % en experimentos con exclusión, considerándose de alto impacto para la germinación y desarrollo de la especie, y ya que las semillas son la base de su dieta (Guzmán, 2007). Esto las convierte en actores primordiales en la dinámica de la comunidad de plantas, pues modifican la abundancia y composición de sus especies y en conjunto con la flexibilidad de conductas en la búsqueda de alimento cuando la disponibilidad de los recursos no es constante (Guzman, 2007), convierte a las Hormigas del género *Atta* en uno de los principales depredadores de semillas en el sitio de estudio.

Cabe mencionar que no se tomaron en cuenta factores como viento y escurrimientos de aguas debido al estado del tiempo de las 24 y 48 horas siguientes.



Figura 6. Revisión de experimentos de germinación en campo

En laboratorio se obtuvieron altos porcentajes de germinación (figura 7), a diferencia de lo mostrado por Gutiérrez Hernández et al., 2018, quienes observaron diferencias significativas en la germinación y viabilidad de las semillas (en promedio menos del 50%), lo que sugiere que factores como el año de colecta, zona de recolección de semillas y factores ambientales son de gran importancia para la obtención de datos satisfactorios.

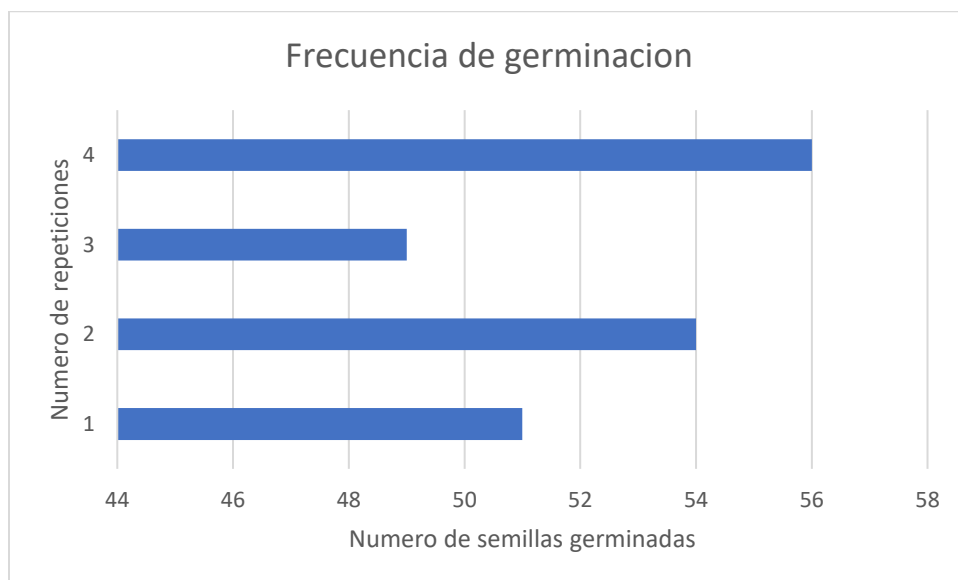


Figura 7. Valores de germinación en experimentos en laboratorio.

## Identificación y caracterización de parches asociados con *A. potatorum*

En la caracterización de parches biológicos se encontraron asociaciones indistintas yendo de entre 1 a 11 especies por parche y con abundancia y distribución aleatoria, donde las más predominantes como nodrizas fueron: *Calliandra eriophylla*, *Lippia graveolens*, *Mascagnia seleriana*, *Pseudosmodingium multifolium* y *Acacia subangulata* (Fig. 8).

Autores como Torres *et al.*, 2013 y Rangel-Landa, 2009 han identificado especies de árboles y arbustos que presentan la mayor calidad como plantas nodrizas para *A. potatorum*, tales como: *Gochnatia hypoleuca*, *Euphorbia antisyphilitica*, *Pterostemon rotundifolia*, *Calliandropsis nervosum*, *Rhus chondroloma*, *Wimmeria microphylla*, *Bouvardia longiflora*, *Neopringlea viscosa*, *Dalea spp.*, *Perymenium discolor*, *Mimosa spp.* Que si bien, no son las que más abundan en nuestro estudio, si fueron encontradas.



Figura 8. Plantas nodrizas con mayor abundancia.

## CONCLUSIONES

Con base en estudios previamente publicados, parece que aún se reflejan los patrones históricos de retención de diversidad genética dentro de las poblaciones silvestres y en las plantaciones establecidas en condiciones naturales.

El trasplante de individuos juveniles de recursos fitogenéticos endémicos con alto valor social y agroecológico, como lo es *A. potatorum*, al igual que la germinación

de semillas en condiciones controladas son alternativas viables como recuperación asistida de las poblaciones silvestres.

## RECOMENDACIONES

Tomar en consideración la abundancia y distribución natural de individuos de *A. potatorum*. en próximos trasplantes para no sobrepoblar los paisajes.

Establecer patrones escalonados en las edades de los agaves en próximos trasplantes para asegurar la disponibilidad de alimento para visitantes diurnos y nocturnos y promover la polinización año con año.

Ser sumamente cuidadosos en la recolección de semillas para su posterior establecimiento en casa sombras, ya que si se colectan semillas de un solo individuo o de un número muy reducido de individuos, lejos de preservar la diversidad genética, se estaría cerrando en un cuello de botella genético.

## BIBLIOGRAFÍA

Abreu E.; González G.; Ortiz R.; Rodríguez P.; Domech R.; Garriga M. (2007). EVALUACIÓN DE VITROPLANTAS DE HENEQUÉN (*Agave fourcroydes* Lem) DURANTE LA FASE DE ACLIMATIZACIÓN. Cultivos Tropicales, vol. 28, núm. 1. pp. 5-11. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas La Habana, Cuba.

Aguirre-Dugua, X.; 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. Volumen 90. pp. 36-44.

Alfaro Rojas, G.; Legarías Solano, J. P.; Rodríguez Pérez, J. E. (2007). GENETIC DIVERSITY IN POPULATIONS OF PULQUERO AGAVES (*Agave* spp.) IN NORTHEASTERN MÉXICO STATE. Revista Fitotecnia Mexicana. pp. 1-12.

Azofeifa-Delgado, A. 2006. USO DE MARCADORES MOLECULARES EN PLANTAS; APLICACIONES EN FRUTALES DEL TRÓPICO. Agronomía Mesoamericana. pp. 221-242.

Becerra V, V.; Paredes C, M. (2000). USE OF BIOCHEMICAL AND MOLECULAR MARKERS IN GENETIC DIVERSITY STUDIES. Agricultura Técnica. pp. 270-281.

Casas, A.; Torres-Guevara, J.; Parra-Rondinel, F. (2017). DOMESTICACIÓN EN EL CONTINENTE AMERICANO. VOLUMEN 2 INVESTIGACIÓN PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE RECURSOS GENÉTICOS EN EL NUEVO MUNDO.

CAPÍTULO 11. LOS AGAVES Y LAS PRÁCTICAS MESOAMERICANAS DE APROVECHAMIENTO, MANEJO Y DOMESTICACIÓN. pp 273-310.

Claros Diaz, M. G. (S/F). MARCADORES MOLECULARES: QUÉ SON, CÓMO SE OBTIENEN Y PARA QUÉ VALEN. Encuentros en la Biología.

Colunga-GarcíaMarín, P. (2009). AGAVE. En M.R. Bellon. Diversidad y conservación de recursos genéticos en plantas cultivadas. pp. 371-373.

Dávila, P.; Arizmendi, M. del C.; Valiente-Banuet, A.; Villaseñor, J. L.; Casas, A.; Lira, R. (2002). BIOLOGICAL DIVERSITY IN THE TEHUACÁN-CUICATLÁN VALLEY, MEXICO. Biodiversity and conservation. pp. 421-442.

De la Torre, L.; Cummins, I.; Logan-Hines, E. (2018). *AGAVE AMERICANA AND FURCRAEA ANDINA: KEY SPECIES TO ANDEAN CULTURES IN ECUADOR*. Botanical Sciences. Bot. Sci. Vol. 96. No. 2. Mexico.

Delgado-Lemus, A. M. (2008). APROVECHAMIENTO Y DISPONIBILIDAD ESPACIAL DE AGAVE POTATORUM EN SAN LUIS ATOLOTITLÁN, PUEBLA, MÉXICO. Posgrado en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México.

Echeverría, Y. (2003). ASPECTOS ETNOBOTÁNICOS Y ECOLÓGICOS DE LOS RECURSOS VEGETALES EN LAS COMUNIDADES MIXTECAS DE SAN PEDRO NODÓN Y SAN PEDRO JOCOTIPAC, OAXACA, MÉXICO. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.

Eguiarte, L.; González, A. (2007). DE GENES Y MAGUEYES ESTUDIO Y CONSERVACION DE LOS RECURSOS GEÉTICOS DEL TEQUILA Y EL MEZCAL. CONABIO.

Félix-Valdez L.I.; Vargas-Ponce O.; Cabrera-Toledo D.; Casas A.; Cibrian-Jaramillo A.; de la Cruz-Larios L. (2015). EFFECTS OF TRADITIONAL MANAGEMENT FOR MESCAL PRODUCTION ON THE DIVERSITY AND GENETIC STRUCTURE OF *Agave potatorum* (ASPARAGACEAE) IN CENTRAL MEXICO. *Genet Resour Crop Evol* **63**, 1255-1271

Figueredo, C. J.; Casas, A.; González-Rodríguez, A.; Nassar, J. M.; Colunga-García-Marín, P.; Rocha-Ramírez, V. (2015). GENETIC STRUCTURE OF COEXISTING WILD AND MANAGED AGAVE POPULATIONS: IMPLICATIONS FOR THE EVOLUTION OF PLANTS UNDER DOMESTICATION. *AoB Plants*.

Figueredo-Urbina, C. J.; Casas, A.; Torres-García, I. (2017). MORPHOLOGICAL AND GENETIC DIVERGENCE BETWEEN AGAVE INAEQUIDENS, *A. CUPREATA* AND THE DOMESTICATED *A. HOOKERI*. ANALYSIS OF THEIR EVOLUTIONARY RELATIONSHIPS.

García-Mendoza, A. J. (2011). FLORA DEL VALLE DE TEHUACÁN-CUICATLÁN. Fascículo 88. AGAVACEAE. Jardín Botánico. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México.

García-Mendoza; A.; Franco Martínez, I. S.; Sandoval Gutiérrez, D. (2019). FOUR NEW SPECIES OF AGAVE (ASPARAGACEAE, AGAVOIDEAE) FROM SOUTHERN MEXICO. *Acta botánica mexicana*, (126), e1461.

Gil Vega, K.; González Chavira, M.; Martínez de la Vega, O.; Simpson, J.; Vandemark, G. (2001). ANALYSIS OF GENETIC DIVERSITY IN AGAVE TEQUILANA VAR. AZUL USING RAPD MARKERS. *Euphytica*. pp. 335-341.

Gil-Vega, K.; Diaz, C.; Nava-Cedillo, A.; Simpson, J. (2005). AFLP ANALYSIS OF AGAVE TEQUILANA VARIETIES. *Plant science*. pp. 904-909.

González A.; Aguirre, X. (2007). CAPÍTULO 19 INTER SIMPLE SEQUENCE REPEATS (ISSRS). *Ecología molecular*. pp. 567-571.

Gutiérrez Hernández G. F.; Flores Gómez E.; García Mendoza M. F.; Ortiz Hernández Y. D.; Mendoza Ibarra O. F. (2018). Biología de la germinación de semillas del agave mezcalero tobalá. Congreso Internacional de Investigación e innovación.

Guzman Mendoza R. (2007). EL DESIERTO Y SUS HABITANTES: EL CASO DE LA HORMIGA ROJA. *Comunicaciones libres*. Pp. 34-40.

Jimenez, P.; Collada, C. (2000). TÉCNICAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA Y SU USO EN LOS PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN. ETSI MONTES. Universidad Politécnica de Madrid.

Karp, A.; Edwards, K. (1998). DNA MARKERS: A GLOBAL OVERVIEW. IN: G. CAETANO- ANOLLÉS, P.M. EDS. DNA MARKERS: PROTOCOLS, APLICATIONS AND OVERVIEWS. Gresshoff. New York. pp. 1-13.

Lara-Ávila, J. P.; Alpuche-Solís, A. G. (2016). ANALYSIS OF GENETIC DIVERSITY OF MEZCALERO AGAVES FROM CENTRAL MÉXICO. *Revista Fitotenia Mexicana*.

Lara-Ávila, J. P.; Alpuche-Solís, A. G. (2016). ANALYSIS OF GENETIC DIVERSITY OF MEZCALERO AGAVES FROM CENTRAL MÉXICO. *Rev. fitotec. México* vol.39 no.3 Chapingo jul./sep.

Lefort, F.; Douglas, G. C. (1999). OCCURRENCE AND DETECTION OF TRIPLOIDS BY MICROSATELLITE ANALYSIS. *Strategies for improvement of forest tree species. Proceedings of the Teagasc/TDC Symposium on Forest Genetics*. Dublin, Ireland: COFORD. pp 19–35.

Martínez-Palacios, A.; Eguiarte, L. E.; Furnier, G. R. (1999). GENETIC DIVERSITY OF THE ENDANGERED ENDEMIC AGAVE VICTORIAE-

*REGINAE* (AGAVACEAE) IN THE CHIHUAHUAN DESERT. American Journal of Botany. Vol 86.

Mora-López J.; Reyes-Agüer L.; Flores-Flores J. A.; Peña-Valdivia J. L.; Beatriz C.; Aguirre-Rivera J. R. (2011). VARIACIÓN MORFOLÓGICA Y HUMANIZACIÓN DE LA SECCIÓN SALMIANAE DEL GÉNERO AGAVE. *Agrociencia*, 45(4): 465- 477.

Piñero, D.; Caballero-Mellado, J.; Cabrera-Toledo, D.; Canteros, C. E.; Casas, A.; Castañeda, S. A.; Castillo, A.; Cerritos, R.; Chassin-Noria, O.; Colunga-GarcíaMarín, P.; Delgado, P.; Díaz-Jaimes, P.; Eguiarte, L. E.; Escalante, A. E. (2008). LA DIVERSIDAD GENÉTICA COMO INSTRUMENTO PARA LA CONSERVACIÓN Y EL APROVECHAMIENTO DE LA BIODIVERSIDAD: ESTUDIOS EN ESPECIES MEXICANAS. en *Capital natural de México*, vol. I : Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México, pp. 437-494.

Porras Ramírez, E. S. (2017). VARIABILIDAD GENÉTICA Y CUANTIFICACIÓN GENÓMICA EN ESPECIES DEL COMPLEJO AGAVE POTATORUM BASADO EN MARCADORES MORFOLÓGICOS Y CITOMÉTRICOS. IPN. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca.

Rangel-Landa S. (2009). ESTABLECIMIENTO DE *AGAVE POTATORUM* EN EL VALLE DE TEHUACÁN, PUEBLA. Tesis de maestría. Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

Rentaría Alcántara, M. (2007). Capítulo 18: BREVE REVISIÓN DE LOS MARCADORES MOLECULARES. *Ecología molecular*, Instituto Nacional de Ecología, Semarnat, México, pp. 541-566.

Ribas-Carbó M.; González-Meler M. A. (2013). FISIOLOGÍA DE LA RESPIRACIÓN DE LAS PLANTAS. En: J. Azcón-Bieto; M. Talón *Fundamento de Fisiología Vegetal*. Ed. McGraw-Hill. Interamericana

Rogalski M.; Antunes de Moraes L. K.; Felisbino C.; Crestani L.; Guerra M. P.; Lima Da Silva A. (2003). ACCLIMATIZATION OF MICROPROPAGATED *PRUNUS* SP. ROOTSTOCKS. *Revista Brasileira de Fruticultura* 25. pp. 279-281

SAGARPA. (2017). PLANEACION AGRICOLA NACIONAL 2017-2030. AGAVE TEQUILERO Y MEZCALERO MEXICANO. Ciudad de Mexico, Mexico.

Schlötterer, C. (2000). EVOLUTIONARY DYNAMICS OF MICROSATELLITE DNA. *Chromosoma*. pp. 365-371.

SEMARNAT. (2018). Diversidad genética. Consulta en línea en: [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D3\\_R\\_BIODIV\\_05\\_01&IBIC\\_user=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R_BIODIV_05_01&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce)

Tadeo-Serrano F. R.; Gómez-Cadenas A. (2013). FISIOLOGÍA DE LAS PLANTAS Y EL ESTRÉS.

Torres, I.; Casas, A.; Delgado-Lemus, A.; Rangel-Landa, S. (2013). APROVECHAMIENTO, DEMOGRAFÍA Y ESTABLECIMIENTO DE *AGAVE POTATORUM* EN EL VALLE DE TEHUACÁN, MÉXICO: APORTES ECOLÓGICOS Y ETNOBIOLÓGICOS PARA SU MANEJO SUSTENTABLE. Zonas áridas. pp. 92-109.

Valadez, M. E.; Kahl, G. (2000). HUELLAS DE ADN EN GENOMAS DE PLANTAS. Universidad Autónoma Chapingo. México. Distrito Federal. pp. 147

Valenzuela, Z. A. G. (1995). LA AGROINDUSTRIA DEL AGAVE TEQUILERO *AGAVE TEQUILANA* WEBER. Departamento de Botánica y Zoología. Boletín de la Sociedad Botánica de México 57: 15-25 Universidad de Guadalajara. Franz Schubert 5604, La Estancia, C.P. 45030, Zapopan, Jalisco.

Valiente-Banuet, A; Casas, A; Alcántara, A; Dávila, P; Flores-Hernández, N.; Arizmendi, M. del C.; Villaseñor, J. L.; Ortega Ramírez, J. (2000). LA VEGETACIÓN DEL VALLE DE TEHUACÁN-CUICATLÁN. Boletín de la Sociedad Botánica de México.

Vargas-Ponce, O.; Zizumbo-Villarreal, D.; Colunga-GarcíaMarín, P. (2007). IN SITU DIVERSITY AND MAINTENANCE OF TRADITIONAL *AGAVE LANDRACES* USED IN SPIRITS PRODUCTION IN WEST-CENTRAL MEXICO. Economic Botany. pp 362-375.

Vázquez lobo, Y. A.; Morales García, A. E. (2014). MICROSATELITES. Herramientas moleculares aplicadas en ecología. pp. 75-100.

Vazquez-Perez, N; Blancas, J; Torres-Garcia, I; Garcia-Mendoza, A; Casas, A; Moreno-Calles, A. I.; Maldonado-Almanza, B; Rendon-Aguilar, B. (2020). Traditional knowledge and management of agave *karwiinskii* in southern Mexico. Botanical sciences. Pp. 328-347.

Wolfe A. D.; A. Liston. (1998). CONTRIBUTION OF PCR-BASED METHODS TO PLANT SYSTEMATICS AND EVOLUTIONARY BIOLOGY. En D. E. Soltis, P. S. Soltis y J. J. Doyle (eds.), Molecular systematics of plants, 43-86. Kluwer Academic Publishers, Boston

Zane, L.; L. Bargelloni; T. Patarnello. (2002). STRATEGIES FOR MICROSATELLITE ISOLATION: A REVIEW. Molecular Ecology 11. pp. 1-16.

Zapata M, I. (2018). INCENTIVOS PARA LA RECUPERACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE *Agave tequilana* Weber. LOS AGAVEROS COMO AGENTES DE CONSERVACIÓN. Tesina para obtener el grado de Maestra en economía Ambiental. Centro de Investigaciones y Docencia Economicas A.C.



Zietkiewicz, E.; Rafalski, A.; Labuda, D. (1994). GENOME FINGERPRINTING BY SIMPLE SEQUENCE REPEATS (SSR)-ANCHORED POLYMERASE CHAIN REACTION AMPLIFICATION. *Genomics* 20 pp. 176-183.