

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBRIFRECCIÓN DE POSGRADO



**DATOS DE RECONOCIMIENTO DE *Agave* spp. Y SU
APROVECHAMIENTO PARA PRODUCCIÓN DE DESTILADOS EN EL
SURESTE DE COMONFORT, GUANAJUATO, MÉXICO**

Reporte de Estancia

Que presenta **JOSÉ ELEAZAR GÓMEZ PALACIOS**
Como requisito para obtener el Diploma como
**ESPECIALIDAD EN MANEJO SUSTENTABLE DE RECURSOS
NATURALES DE ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS**

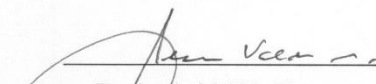
Saltillo, Coahuila

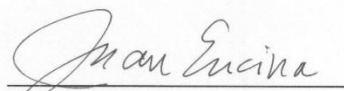
Julio 2022

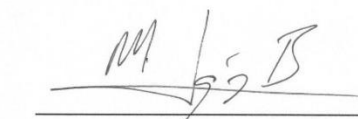
DATOS DE RECONOCIMIENTO DE *Agave* spp. Y SU
APROVECHAMIENTO PARA PRODUCCIÓN DE DESTILADOS EN EL
SURESTE DE COMONFORT, GUANAJUATO, MÉXICO


Reporte de Estancia

Elaborado por JOSÉ ELEAZAR GÓMEZ PALACIOS como requisito parcial
para obtener el Diploma de ESPECIALISTA EN MANEJO SUSTENTABLE
DE RECURSOS NATURALES DE ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS con la
Supervisión y aprobación del comité Asesoría


Dr. Jesús Valdés Reyna
Asesor Principal


Dr. Juan A. Encina Domínguez
Asesor


Dr. Lorenzo A. López Barbosa
Asesor


Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente
Subdirector de Posgrado
UAAAN

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro: nuestra *ALMA TERRA MATER*, por brindarme nuevamente la oportunidad de culminar este proyecto.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT): por apoyo de beca durante este periodo.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP): Campo Experimental Bajío, por brindarme la oportunidad de realizar estancia de investigación.

Al Dr. Jesús Valdés Reyna: por todo su apoyo en la asesoría en la realización y culminación de este proyecto; por los conocimientos compartidos durante mi estancia en la especialidad.

Al Dr. Juan Antonio Encina Domínguez: por su apoyo, asesoría y colaboración en este trabajo

Al Dr. Lorenzo A. López Barbosa: por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto, por sus conocimientos y asesoría.

Al M.C. Andrés Mandujano Bueno: por brindarme la oportunidad de realizar mi estancia de investigación en el INIFAP, por su apoyo en el trabajo de campo y por sus conocimientos compartidos y sobre todo por su amistad.

Al Profesor - Maestro Mezcalero: Antonio Rubio Zamora de (Asociación de Productores de Agave y Mezcal de Chamacuero S.P.R. de R.L) por compartir sus conocimientos y experiencias en el cultivo y destilados de agave y por su amistar incondicional.

DEDICATORIAS

A mi esposa e hija: Olga Yaneth Martínez Barrera, Silvia Helena Gómez Martínez, por todo su apoyo, cariño y comprensión durante la elaboración de este proyecto.

A MIS PADRES: José Gómez Naranjo y Eva Palacios Araiza. Por darme la vida, educación, apoyo moral, por compartir sus conocimientos y valores.

A mis hermanos: Samuel Gómez y J. Alfredo Gómez, que han sido parte fundamental de este proyecto.

A mis amigos: Miguel A. Machuca y familia, Diana E. Llera Aguilar y Jose Luis Gutiérrez Guerra y el Dr. Gabriel Gallegos Morales: gracias por su amistad.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo General.....	2
Objetivo específico	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Ecología y distribución de los agaves	3
El género <i>Agave</i>	3
Descripción taxonómica del género <i>Agave</i>	4
Ubicación taxonómica del agave	4
Destilados de agave	4
Agave mezcalero.....	5
<i>A. angustifolia</i> Haw	5
<i>A. tequilana</i> Weber.....	6
<i>A. asperrima</i> Jacobi	6
<i>A. weberi</i> Cela.....	6
<i>A. potatorum</i> Zucc.....	6
<i>A. salmiana</i> Otto	7
MATERIALES Y METODOS	8
Área de estudio.....	8
Materiales y Metodología	8
RESULTADOS	9
Clave artificial para el reconocimiento en campo de <i>Agave</i> sp (criollo) endémico del sureste de Comonfort, Guanajuato	10
Principales características de agave sp (criollo)	10
CONCLUSIONES.....	14
LITERATURA CITADA.....	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Distribución de agave en el sur y sureste del municipio de Comonfort Guanajuato.....	11
Cuadro 2. Numero de hojas de diferentes tipos de agave	12

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diferentes tipos de agave utilizados para la elaboración de destilado	12
Figura 2. Agave pulquero establecido como barrera física	13
Figura 3. Establecimiento de huertos comerciales de agave.....	13

RESUMEN

El maguey es de gran relevancia en México por sus beneficios, máxima expresión en diversidad morfológica, filogenética, evolutiva y cultural; actualmente la taxonomía y clasificación del género *Agave* dista de estar completa. Como parte básica de cualquier estudio, el reconocimiento e identificación de poblaciones es importante, de esta manera se asegura la identidad de los cultivares o variedades de interés económico o de conservación. Se localizaron plantaciones comerciales de *A. angustifolia*, *A. tequilana* Weber var. azul con una superficie aproximada de 40 y 12 ha respectivamente y poblaciones endémicas de *Agave* sp, tipo *angustifolia* de aproximadamente 5 ha; así como maguey pulquero tipo *salmeana* y *americana*.

PALABRAS CLAVES: Mezcal, *Agave* sp, agave criollo, destilado de agave

INTRODUCCIÓN

El maguey como fuente de alimento y fibras está presente en México desde hace más siete mil años; los primeros asentamientos humanos en Mesoamérica hicieron de nuestro país su centro de domesticación mediante la selección de acuerdo al recurso que se le extraía; fibra (ixtle), alimento y aguamiel como fuente de azúcares, posteriormente como materia prima para fermentados como el pulque y mezcal (cocción de piña, tallo y base de las hojas). De esta forma, el maguey es de gran importancia en México por sus beneficios, máxima expresión en diversidad morfológica, filogenética, evolutiva y cultural (García-Mendoza, 2007).

Los agaves son plantas perennes que pueden medir hasta 3 m de altura, de hojas suculentas y número variado, fibrosas, linear a lanceolada u ovada, generalmente con una espina apical; los márgenes exhiben una gran diversidad morfológica y su color puede ser de verde y glauco o amarillos rojizos a violeta (García-Mendoza, 2007).

La familia Agavaceae, incluye 288 especies, 200 especies aproximadamente, agrupados en el género *Agave* (75%), más de 36 pertenecen a categorías infra-específicas, con un total de 186 taxones (García-Mendoza, 2007).

La distribución del género abarca desde el sur de los Estados Unidos de América hasta Venezuela y Colombia incluyendo todas las islas del caribe (González *et al.*, 2009). Actualmente la taxonomía y clasificación del género *Agave* dista de estar completa. El sistema más reciente de clasificación a nivel infra-específico fue elaborado por Gentry (1982), que incluyó Agaves de Norteamérica continental, empleando características morfológicas, sin tomar en cuenta las especies del Caribe y Sudamérica.

El objetivo de esta investigación fue el reconocimiento y distribución de poblaciones de agave en el sureste del municipio de Comonfort, Guanajuato, adaptabilidad y establecimiento como cultivo comercial de posibles candidatos para la producción de destilados de agave

OBJETIVO GENERAL

1. Reconocimiento y distribución de poblaciones de agave en el sureste del municipio de Comonfort, Guanajuato, adaptabilidad y establecimiento como cultivo comercial de posibles candidatos para la producción de destilados de agave en el surestes de Comonfort, Guanajuato.

OBJETIVO ESPECIFICO

- ❖ Adaptación y establecimiento de cultivares como cultivo comercial.

REVISIÓN DE LITERATURA

Ecología y distribución de los agaves

Los agaves son plantas perenes originarias de climas desérticos y semidesérticos, que llegan a medir hasta tres metros de altura, de hojas suculentas y número variado, fibrosas, linear a lanceolada u ovada, generalmente con una espina apical; los márgenes exhiben una gran diversidad morfológica y su color puede ser de verde y glauco o amarillos rojizos a violeta.

La familia Agavaceae, incluye 288 especies, 200 especies aproximadamente, agrupados en el género *Agave* (75%), más de 36 pertenecen a categorías infra-específicas, con un total de 186 taxones (García-Mendoza, 2007). La distribución del género abarca desde el sur de los estados unidos hasta Venezuela y Colombia incluyendo todas las islas del caribe (González *et al.*, 2009). Actualmente la taxonomía y clasificación del genero *Agave* dista de estar completa. El sistema más reciente de clasificación a nivel infra-especifico fue elaborado por Gentry (1982) que incluyo Agaves de Norteamérica continental empleando características morfológicas, sin tomar en cuenta las especies del Caribe y Sudamérica.

El género *Agave*

Los agaves, igual que otras especies perennes, tienen una gran variación genética, y casi siempre presentan polinización cruzada, lo cual evita la autocruza y todas las formas de cruza entre parientes (endogamia). Además, gracias a sus polinizadores, el polen viaja largas distancias, generando así un alto flujo genético entre poblaciones. Sin embargo Eguiarte y González (2007), mencionan que en la genética de poblaciones del agave, muchas de las especies se pueden propagar asexualmente, es decir, no se necesita que cada individuo se desarrolle a partir de una semilla, si no que se puede producir una nueva planta (una roseta a partir de una roseta adulta). Esto representa una adaptación importante de reproducción; en ausencia de polinizadores, no se pierde el genotipo, ya que quedan copias más pequeñas del mismo individuo. Sin embargo, el género *Agave* se encuentra en una etapa

de evolución activa y alto grado de entrecruzamiento y afinidad genética entre especies donde los híbridos son comunes. Una población puede ser parcialmente asexual y parcialmente originada a partir de semilla, presentando una mezcla de variantes (García-Mendoza, 2007).

Descripción taxonómica del género *Agave*

Como parte básica de cualquier estudio, la identificación taxonómica de la especie es de suma importancia, de esta manera se asegura la identidad del material con el cual se va a trabajar Castillo y Tristán (2003); Quiroz *et al.*, (2007), facilitando la comunicación entre productores y técnicos, además de dar confiabilidad al momento de aplicar los resultados. En este contexto, para el estado de Oaxaca, el conocimiento taxonómico del agave, es uno de los más avanzados en el país; sin embargo, algunas especies están poco representadas en colecciones, por lo que se debe esperar a que florezcan para herborizar ejemplares y tenerlas respaldadas en los herbarios desde el punto de vista taxonómico (García-Mendoza y Martínez, 2018).

Ubicación taxonómica del agave

Taxonómica del agave (USDA-NRCS 2021).

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

Superdivisión: Spermatophyta

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Liliales

Familia: Agavaceae

Género: *Agave*

Subgénero: Rigidae

Especie: *Agave* spp.

Destilados de agave

Del dialecto náhuatl “mexcalli” que significa agave horneado, también se le denomina con el mismo nombre a la bebida alcohólica destilada a partir de los

azúcares fermentados extraídos de las cabezas cocidas de más de 25 especies diferentes de maguey, después de ocho años de desarrollo, ya sean cultivadas como *A. angustifolia* o silvestres como *A. potatorum*, (tobala) y *A. salmiana* Carrillo, (2007); Gallardo *et al.*, (2008); Aguirre y Eguiarte, (2013); Torres *et al.*, (2015); Mandujano *et al.*, (2018) en los estados de Oaxaca, Durango, Guanajuato, Guerrero, San Luis Potosí, Tamaulipas, Zacatecas, Michoacán y Puebla. Con un total de 963 municipios con Denominación de Origen del Mezcal (DOM) (NOM-070-SCFI-2016; CRM 2021) publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de 1994, aun con estados y municipios y sus destilados no incluidos; como el Bacanora de Sonora Esparza *et al.*, (2015), la Raicilla que se elabora entre los límites de Jalisco y Nayarit, el Sisal de Yucatán y el Comiteco de Chiapas (Carrillo, 2007).

Agave mezcalero

La norma permite la utilización de *A. angustifolia* Haw, *A. asperrima* Jacobi, *A. weberi* Cela, *A. potatorum* Zucc y *A. salmiana* Otto para destilar mezcal; así como cualquier otra especie de agave, siempre y cuando no sea utilizada como materia prima para la elaboración de otras bebidas con denominación de origen en el mismo estado y que sean cultivadas en las entidades federativas, municipios y regiones que señala la declaración general de protección a la denominación de origen en vigor (Carrillo, 2007).

A. angustifolia Haw

Es una especie con la que se elaboran diversos destilados Esparza *et al.*, (2015), incluyendo el bacanora de Sonora y en su mayoría los mezcales de Oaxaca. Se distribuye de Sonora a Tamaulipas y Chiapas, en bosque tropical caducifolio, matorral xerófilo y zona de transición. Florece de junio a agosto y fructifica de septiembre a noviembre (García-Mendoza y Martínez, 2018). Es considerado un complejo evolutivo a lo largo de su distribución, algunas variantes fueron reconocidas a nivel de especie o variedades por diversos autores y luego reducidas en su mayor parte a sinonimia por (Gentry, 1982). Las formas del noroeste de México, en los estados de Sonora, Chihuahua Durango y Sinaloa, son más grandes en todos sus órganos vegetativos y

reproductivos, con respecto a las de Guerrero, Puebla y Oaxaca (González *et al.*, 2009).

A. tequilana Weber

Es una especie que pertenece al complejo *A. angustifolia*, debido a que sus diferencias morfológicas no conforman un contraste distintivo; sin embargo Gentry (1982), decidió mantener el epíteto específico “tequilana” debido a su importancia comercial. *A. tequilana* variedad. azul, proviene de un solo genotipo (clon), con nula variación genética Eguiarte y González (2007), propagado exclusivamente por medios vegetativos e incluso in vitro por algunas tequileras con estrictos criterios selectivos (Vargas *et al.*, 2009). En adición, han sido descritas algunas variedades de *A. tequilana* Weber como: azul, azul listado, sigüin, moraleño, chato o Sahuayo, bermejo, zopilote, pata de mula o criollo y mano larga. Sin embargo en análisis genéticos de citometría, Palomino *et al.*, (2003) y AFLP Gil-Vega *et al.* (2006) reportan que el acervo genético de *A. tequilana* Weber var. Azul, es muy diverso para la selección de individuos con características agronómicas útiles.

A. asperrima Jacobi

Se distribuye desde el estado de Texas en Estados Unidos, Coahuila, Nuevo León y Durango Gentry, (1982); Ullrich, (1992); González *et al.*, (2009), en ecosistemas forestales, matorrales y pastizales; González *et al.* (2009) mencionan que en la zona árida en Coahuila y Nuevo León se elabora mezcal a partir de esta especie de agave conocido como maguey cenizo o lamparillo.

A. weberi Cela

Es una especie altamente cultivada para la producción de mezcal, sin embargo la información es limitada, se extiende desde el sur de Texas hasta San Luis Potosí y Tamaulipas (Gentry, 2004; Bergsten y Stewart, 2014).

A. potatorum Zucc

Grupo de plantas altamente variables, solitarias con 2 a 3 hijuelos; se distribuye en los estados de Oaxaca y Puebla, predomina en bosque tropical

caducifolio, matorral xerófilo y bosque de encino. Florece de fines de agosto a noviembre y fructifica de noviembre a marzo. Su principal aprovechamiento es para la producción de mezcal, las poblaciones de *A. potatorum*, son amenazadas debido a que la totalidad de las plantas son extraídas del medio silvestre (García-Mendoza, 2010; García-Mendoza y Martínez, 2018).

A. salmiana Otto

Se distribuye de los estados de Durango y Coahuila a Chiapas. En Oaxaca se ha registrado en los municipios de Coixtlahuaca, Huajuapán, Juxtlahuaca, Mixe, Nochixtlán, Teposcolula, Teotitlán, Tlaxiaco. Se cultiva en bordes, bosque tropical caducifolio y matorral xerófilo, sobre diversos suelos. El desarrollo de la inflorescencia inicia en octubre o noviembre del año anterior para florecer de marzo a julio y fructifica a partir de noviembre (García-Mendoza y Martínez, 2018).

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en el sureste del municipio de Comonfort, Guanajuato con el apoyo y colaboración del Laboratorio de Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal del INIFAP – Campo experimental bajío.

Materiales y Metodología

Durante los meses de junio a noviembre de 2021, se realizaron recorridos de reconocimiento y exploración de pastizales y predios de cultivo para identificar poblaciones de agaves silvestres cultivados y/o semicultivados; en cada población se tomaron coordenadas geográficas. Se tomó datos de los componentes del entorno (tipo de vegetación, características edafológicas visuales predominantes y condición de la población determinada); así como, sus características morfológicas para determinar edad y estado fenológico de las plantas y detectar la emergencia, crecimiento, desarrollo de escapo floral e inflorescencia para facilitar su identificación (Sánchez-González y González 2007). Con una cinta métrica se midió la longitud de las hojas de diferentes agaves, el número de pares de espinas laterales, longitud de la espina apical, coloración y forma; así como, el ancho de la hoja tanto en la parte basal y media; el diámetro de la planta. También se consideró otras características morfológicas; como la forma, coloración, disposición, arreglo de las hojas e inflorescencia en el escapo floral y altura de la planta.

Se recolecto semilla, hijuelos de rizoma y bulbillos aéreos de agave para el establecimiento en almácigos de crecimiento, desarrollo y posteriormente el establecimiento en huerto comercial.

RESULTADOS

Se registraron huertos comerciales con plantaciones de agave de diferentes especies (Cuadro 1), con una superficie aproximada de 40 ha, destacando *A. angustifolia*, que tiene como origen huertos madre del estado de Oaxaca con (DOM). Estas plantaciones de *A. angustifolia* se encuentran distribuidas en la zona de estudio (figura 3), según datos proporcionados por el departamento de desarrollo social y económico municipal y la (Asociación de Productores de Agave y Mezcal de Chamacuero S.P.R. de R.L)

Los huertos comerciales con *A. tequilana* Weber var. azul, con una superficie acumulada de 12 has, fueron establecidos a partir del ciclo primavera verano de 2019 (figura 3). Esta planta tiene como origen huertos madre localizados en los municipios de Irapuato, Romita y Valle de Santiago del estado de Guanajuato; declarados dentro de la denominación de origen del tequila (DOT) (información proporcionada por productores).

Se hizo el reconocimiento de poblaciones de agave con características morfológicas similares a *A. angustifolia* y *A. tequilana* que se diferencian al menos en dos características principales; número total de hojas, forma y coloración (cuadro 2 y figura 1); conocido localmente como agave criollo, pita y mezcalero, considerado endémico de la zona de estudio. Cabe mencionar que su distribución se limita a la parte baja, sur y sureste del municipio de Comonfort Guanajuato, como plantas ruderales en matorrales y huertos de traspatio; también se localizaron pequeños huertos establecidos con este tipo de agave con una superficie de 2 a 5 ha; sin embargo, no se ha determinado a que especie o cultivar corresponde.

En este estudio también se localizaron diferentes tipos de agave o maguey pulquero de tipo *A. americana* y *A. salmiana*, ampliamente distribuidos en toda la región, utilizados como cercas vivas, delimitación de predios, así como barreras de contención para evitar la erosión del suelo y semi-cultivado que se aprovechan para la producción de aguamiel, forraje y en la elaboración de fermentados como el pulque. El tipo de maguey predominante es conocido

como maguey blanco de tipo *A. americana* y maguey verde, de tipo *A. salmiana* (figura 2).

Clave artificial para el reconocimiento en campo de *Agave* sp (criollo)
endémico del sureste de Comonfort, Guanajuato

Rosetas cespitosas de 1 – 1.5 x 1.5 – 2.0 m de diámetro, con numerosos clones de rizomas.

Hojas suculentas de 20 a 30 por roseta, lisas, lineales, erectas, fibrosas, cóncavas y engrosadas por la base, de más de 1 m de longitud, color azul a grisáceo, margen con dientes aserrados y espina apical lanceolada con base cónica.....***Agave angustifolia***

Hojas lineales de 20 a 40 por roseta, lisas de 4 cm de ancho en la base y 6 cm en la parte media, color azul turquesa y espina apical lanceolada.....***Agave tequilana* Weber**

Hojas lisas, de 70 a 235 por roseta, de 4 – 6 x 6 – 9 cm en la parte basal y media respectivamente, color verde pálido a glauco, margen recto a ondulado, dentado, dientes, espina terminal color marrón de 1.5 cm.....***Agave* sp**

Principales características de *agave* sp (criollo)

Plantas simples o cespitosas 110 - 160 cm de altura, multihojas de 70 a 235 x 100 – 120 cm lineales, rígidas, erectas, fibrosas, lisas, ligeramente engrosadas, onduladas a planas, color verde pálido a glauco, de 4 – 6 x 6 – 9 cm en la parte basal y media respectivamente; rosetas radiales 30 – 50 cm de diámetro; dientes laterales en forma aserrada, generalmente con simetría bilateral de 70 – 95 x 0.5 – 0.6 cm de color marrón oscuro, firmes, afilados en forma de uña de gato y orientados hacia la parte apical de la hoja; espina apical de la hoja de color marrón, generalmente de 1.5 cm de longitud ligeramente cónica en su parte basal y termina en punta delgada; impresión fuertemente marcado de las espinas laterales en el envés de la hoja del cogollo del el crecimiento anterior de la planta; ausencia de escapo floral e inflorescencia por escasez de plantas fisiológicamente maduras (figura 1).

Cuadro 1. Distribución de agave en el sur y sureste del municipio de Comonfort Guanajuato

Muestra	Tipo de agave	Coordenadas		Especie	Condición
		N	W		
Ag1	Agave criollo	20.71864°	-100.6553°		Semicultivado
Ag2	Agave criollo	20.71736°	-100.657°		Traspatio o
Ag3	Agave criollo	20.71697°	-100.6571°		Matorral
Ag4	Agave aguamielero	20.71783°	-100.6593°	<i>A. americana</i>	Semicultivado
Ag5	Agave espadín	20.72472°	-100.7334°	<i>A. angustifolia</i>	Huerto comercial
Ag6	Agave criollo	20.72472°	-100.7334°		Huerto comercial
Ag7	Agave tequilero	20.72472°	-100.7334°	<i>A. tequilana</i>	Huerto comercial
Ag8	Agave criollo	20.74261°	-100.7171°		Cerca viva
Ag9	Maguey tobala	20.74956°	-100.7111°	<i>A. potatorum</i>	Huerto comercial
Ag10	Agave espadín	20.74764°	-100.7013°	<i>A. angustifolia</i>	Huerto comercial
Ag11	Agave espadín	20.74506°	-100.7127°	<i>A. angustifolia</i>	Huerto comercial
Ag12	Maguey manso sin espina	20.74764°	-100.7013°		Huerto c comercial
Ag13	Agave espadín	20.74933°	-100.7108°	<i>A. angustifolia</i>	Huerto comercial
Ag14	Agave criollo	20.74853°	-100.7103°		Huerto comercial
Ag15	Maguey aguamielero	20.74853°	-100.7103°	<i>A. americana</i>	Cerca viva
Ag16	Maguey aguamielero	20.74853°	-100.7103°	<i>A. salmeana</i>	Cerca viva
Ag17	Agave criollo	20.74469°	-100.7064°		Matorral
Ag18	Agave espadín	20.75114°	-100.6859°	<i>A. angustifolia</i>	Huerto comercial
Ag19	Agave espadín	20.75708°	-100.6761°	<i>A. angustifolia</i>	Huerto comercial

Ag20	Agave criollo	20.75736°	-100.6763°		Huerto comercial
Ag21	Agave espadín	20.75708°	-100.6738°	<i>A. angustifolia</i>	Huerto comercial
Ag22	Fino aguamielero	20.76206°	-100.6541°	<i>A. salmeana</i>	Cerca viva
Ag23	Agave tequilero	20.76506°	-100.6482°	<i>A. tequilana</i>	Huerto comercial
Ag24	Agave tequilero	20.78531°	-100.6514°	<i>A. tequilana</i>	Huerto comercial

Agaves del sureste de Comonfort, Guanajuato, México (AGAVACEAE base de datos 2021).

Cuadro 2. Numero de hojas de diferentes tipos de agave

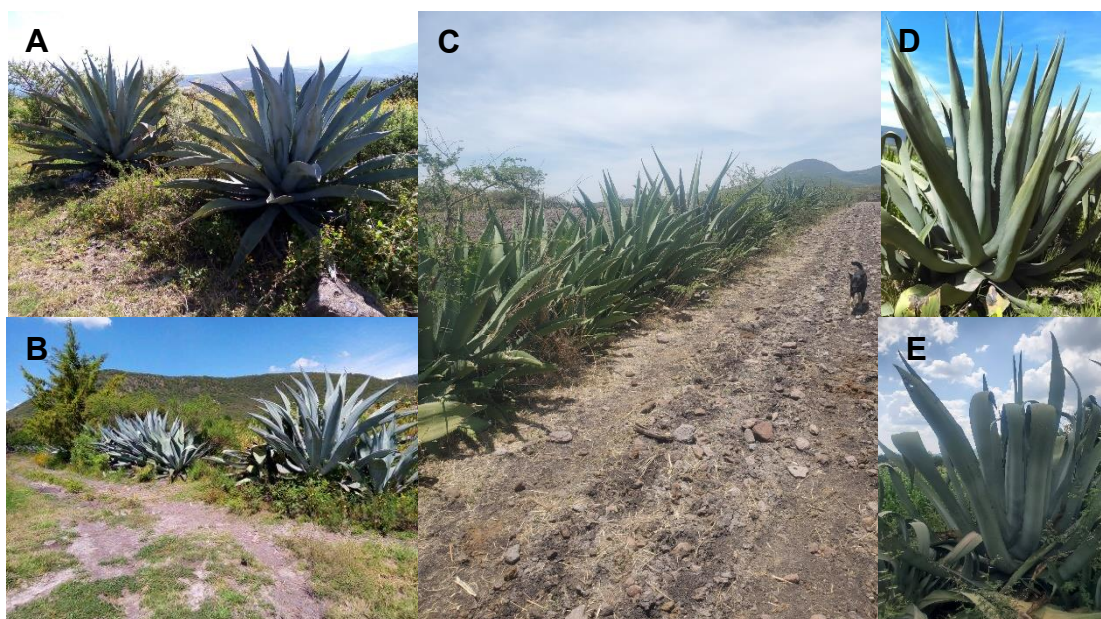
Tipo de agave	Nombre común	Especie	Nuero de hojas	Color de la hoja	Edad (años)	Condición
Angustifolia	Azul	<i>A. tequilana</i>	30 - 60	Azul	2 a 4	Cultivado
Angustifolia	Espadín	<i>A. angustifolia</i>	40 - 80	Azu a verde palido	2 a 4	cultivado
Angustifolia	Criollo	<i>Agave sp</i>	130 - 150	Verde olivo	2 a 4	semicultivado

Figura 1. Diferentes tipos de agave utilizados para la elaboración de destilado



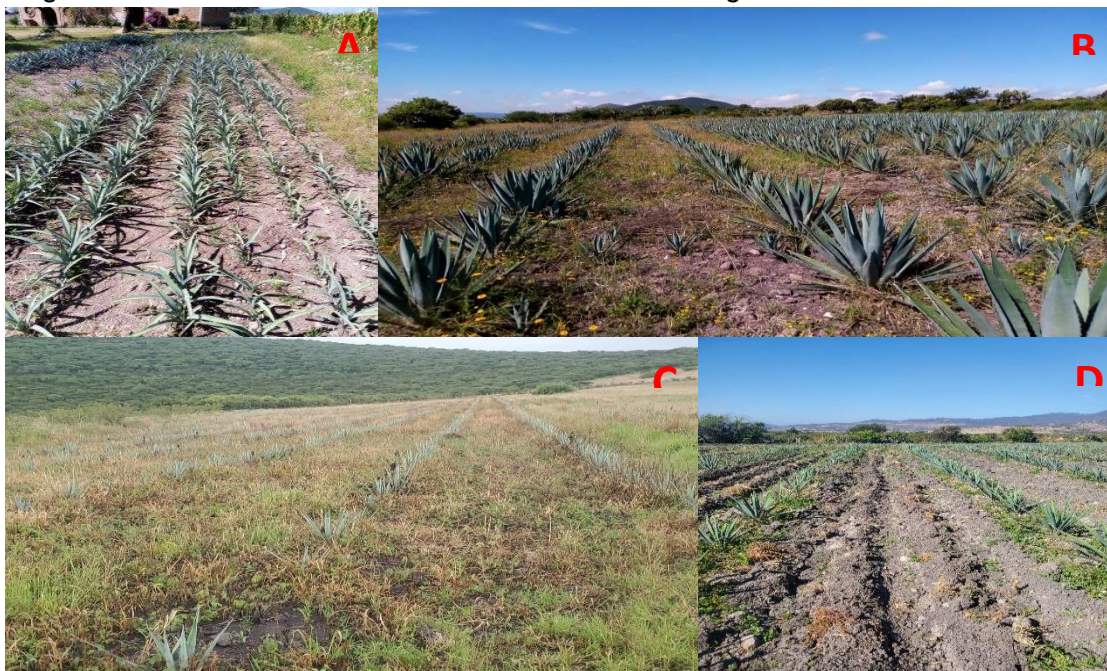
A, *Agave sp* (criollo); B, *Agave angustifolia* (espadín); C, *Agave tequilana* weber var. azul.

Figura 2. Agave pulquero establecido como barrera física



Agave tipo americana, A y B; Agave tipo salmiana, C, D y E.

Figura 3. Establecimiento de huertos comerciales de agave



Cultivo de agave en diferentes condiciones; A, desarrollo de planta en vivero; B, huerto comercial de temporal (*A. angustifolia*); C y D, huertos comerciales de temporal y de riego de auxilio respectivamente (*A. tequilana*).

CONCLUSIONES

El *Agave* sp que se considera como endémico del sur y sureste del municipio de Comonfort, Guanajuato, presenta características adaptativa propias a esta región como, tolerancia a sequias prolongadas, bajas temperaturas en invierno, incendios forestales, sobre pastero; alta tolerancia a plagas y enfermedades. Los registros que se tiene sobre el uso y aprovechamiento de este agave, han sido el horneado o cocción para la alimentación humana (piñas, base hojas y escapo floral o quiote), forraje para el ganado y actualmente para la producción de destilados.

Sus características adaptativas antes mencionadas en comparación con *A. tequila* y *A. angustifolia* se le consideran con gran potencial económico como cultivo y para ser aprovechado en la producción de destilados.

Especímenes de las especies *A. tequilana* Weber var. azul, *A. angustifolia* Haw y *Agave* sp; fueron depositados en el jardín botánico Ing. Gustavo Aguirre Benavides de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro para su resguardo y conservación.

Bibliografía

1. AGAVACEAE base de datos. (2021). Service. [En línea] https://www.agavaceae.com/agavaceae/agavhome_es.asp
2. 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*, 90, 36-44.
3. Andrijany, V. S., Indrayanto, G., & Soehono, L. A. (1998). Simultaneous effect of calcium, magnesium, copper and cobalt ions on saponin content in callus cultures of *Agave amaniensis*. *Plant cell, tissue and organ culture*, 55(2), 103-108.
4. Ángeles-Espino, A., Dimas-Estrada, H. E., Ramírez-Alvarado, D., Cruz-Rubio, J. M., Palmeros-Suárez, P. A., & Gómez-Leyva, J. F. (2020). Caracterización molecular de mutantes de *Agave tequilana* inducidas con radiación gamma Co60 y su efecto en la acumulación de fructooligosacáridos. *Acta universitaria*, 30.
5. Arizaga, S., Ezcurra, E., Peters, E., de Arellano, F. R., & Vega, E. (2000). Pollination ecology of *Agave macroacantha* (Agavaceae) in a Mexican tropical desert. II. The role of pollinators. *American Journal of Botany*, 87(7), 1011-1017.
1. Bergsten, S. J., & Stewart, J. R. (2014). Measurement of the influence of low water availability on the productivity of *Agave weberi* cultivated under controlled irrigation. *Canadian Journal of Plant Science*, 94(2), 439-444.
2. Binh, L. T., Muoi, L. T., Oanh, H. T. K., Thang, T. D., & Phong, D. T. (1990). Rapid propagation of agave by in vitro tissue culture. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 23(1), 67-70.
3. Carrillo Trueba, L. A. (2007). Los destilados de agave en México y su denominación de origen. *Ciencias*, (087).
4. Castillo, A. M., & Tristán, J. S. S. (2003). Contribución al conocimiento y distribución de las especies de *Dasyilirion* spp. (sotol) en Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 28(93), 25-40.
5. Chaves de Souza, S., Cavalcanti, J. J. V., Ramos, J. P. C., Alves, I. I., dos SANTOS, R. C., & de LIMA, L. M. (2018). Genetic divergence in *Agave* accessions through ISSR markers and phenotypic traits. *Embrapa Algodão-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.

6. Consejo Regulador del Mezcal. (2021). <http://www.crm.org.mx>
7. Das, T. (1992). Micropropagation of *Agave sisalana*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 31(3), 253-255.
8. Doughty, L. R. (1936). Chromosome behavior in relation to genetics of *Agave*. *Journal of Genetics*, 33(2), 198.
9. Eguiarte, L., & González González, A. (2007). De genes y magueyes estudio y conservación de los recursos genéticos del tequila y el mezcal. *Ciencias*, (087).
10. Enríquez del Valle, J. R., & Castañeda, G. C. (2005). Sales inorgánicas y ácido indolbutírico en el enraizado in vitro de brotes de *Agave angustifolia*. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(2), 175-178.
11. Esparza-Ibarra, E. L., Violante-González, J., Monks, S., Iñiguez, J. C., Araujo-Andrade, C., & Rössel-Kipping, E. D. (2015). Los agaves mezcaleros del altiplano Potosino y Zacatecano.
12. Gallardo-Valdez, J., Gschaedler-Mathis, A. C., Cházaro-Bazáñez, M. L., Rodríguez-Domínguez, J. M., Tapia-Campo, E., Villanueva-Rodríguez, S., & Vallejo-Pedraza, M. (2008). La producción de mezcal en el estado de Michoacán. *Gobierno del estado de Michoacán, Centro de Investigación y Asistencia Tecnológica y Diseño del Estado de Jalisco AC Jalisco, México*.
13. García Mendoza, A. (2007). Los agaves de México. *Ciencias*, (087).
14. García Mendoza, A.J. y I.S. Franco Martínez. 2018. Actualización de la información de las especies y subespecies de magueyes de Oaxaca, con énfasis en las especies mezcaleras. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. NE012. Ciudad de México.
15. Gentry, H.S., 1982. *Agaves of Continental North America*. The University of Arizona Press, Tucson.
16. Gil-Vega, K., Chavira, M. G., de la Vega, O. M., Simpson, J., & Vandemark, G. (2001). Analysis of genetic diversity in *Agave tequilana* var. Azul using RAPD markers. *Euphytica*, 119(3), 335-341.
17. Gil-Vega, K., Díaz, C., Nava-Cedillo, A., & Simpson, J. (2006). AFLP analysis of *Agave tequilana* varieties. *Plant Science*, 170(4), 904-909.
18. Gil-Vega, K. C., Díaz-Quezada, C. E., Nava-Cedillo, A., García-Mendoza, A., & Simpson, J. (2007). Análisis AFLP del género *Agave* refleja la clasificación

taxonómica basada en caracteres morfológicos y otros métodos moleculares. *En lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves*. Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán, Mérida, México, 23-39.

19. González-Elizondo, M., Galván-Villanueva, R., López-Enríquez, I. L., Reséndiz-Rojas, L., & González-Elizondo, M. S. (2009). Agaves-magueyes, lechuguillas y noas del Estado de Durango y sus alrededores. *Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Durango, Dgo.*
20. Groenewald, E. G., Wessels, D. C. J., & Koeleman, A. (1977). Callus formation and subsequent plant regeneration from seed tissue of an *Agave* species (Agavaceae). *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie*, 81(4), 369-373.
21. Guillén, S., Martínez-Palacios, A., Martínez, H., & Martínez-Ávalos, J. G. (2015). Organogénesis y embriogénesis somática de *Beaucarnea inermis* (Asparagaceae), una especie amenazada del noreste de México. *Botanical sciences*, 93(2), 221-230.
22. Hazra, S. K., Das, S., & Das, A. K. (2002). Sisal plant regeneration via organogenesis. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 70(3), 235-240.
23. Illsley, C., Vega, E., Pisanty, I., Tlacotempa, A., García, P., Morales, P., & Calzada, M. (2007). Maguey papalote: hacia el manejo campesino sustentable de un recurso colectivo en el trópico seco de Guerrero, México. *En lo Ancestral hay Futuro: del Tequila, los Mezcales y otros Agaves*. Mérida: Centro de Investigación Científica de Yucatán, AC, 319-338.
24. Mandujano Bueno, A., Pons Hernández, J. L., Paredes Melesio, R., & García Meza, P. (2018). Genetic diversity of maguey (*Agave* spp.) in the mountains and plains of northern Guanajuato. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(3), 511-523.
25. Martínez-Palacios, A., Ortega-Larrocea, M. P., Chávez, V. M., & Bye, R. (2003). Somatic embryogenesis and organogenesis of *Agave victoriae-reginae*: Considerations for its conservation. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 74(2), 135-142.
26. Maya, S. F., Moreno-Ramírez, J. C., Rangel, S. R., & Zenteno, C. R. (2010). Análisis morfológico y citológico de *Agave karwinskii* Zucc. y *Agave*

- macroacantha* Zucc. en el municipio de Zapotitlán Salinas, Puebla. *Biocyt: Biología, Ciencia y Tecnología*, 3(1), 181-196.
27. Molina-Freaner, F., Cervantes-Salas, M., Morales-Romero, D., Buchmann, S., & Fleming, T. H. (2003). Does the pollinator abundance hypothesis explain geographic variation in the breeding system of *Pachycereus pringlei*? *International Journal of Plant Sciences*, 164(3), 383-393.
28. Nikam, T. D. (1997). High frequency shoot regeneration in *Agave sisalana*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 51(3), 225-228.
29. Nikam, T. D., Bansude, G. M., & Kumar, K. A. (2003). Somatic embryogenesis in sisal (*Agave sisalana* Perr. ex. Engelm). *Plant cell reports*, 22(3), 188-194.
30. Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016, BEBIDAS ALCOHÓLICAS-MEZCAL-ESPECIFICACIONES. SINEC-20160815180244200.
31. Palomino, G., Dolezel, J., Méndez, I., & Rubluo, A. (2003). Nuclear genome size analysis of *Agave tequilana* Weber. *Caryologia*, 56(1), 37-46.
32. Portillo, L., Santacruz-Ruvalcaba, F., Gutiérrez-Mora, A., & Rodríguez-Garay, B. (2007). Somatic embryogenesis in *Agave tequilana* Weber cultivar azul. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 43(6), 569-575.
33. Powers, D. E., & Backhaus, R. A. (1989). In vitro propagation of *Agave arizonica* Gentry & Weber. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 16(1), 57-60.
34. Quiroz, D. C., Quintanilla, J. Á. V., & Pineda, A. C. (2007). El género *Agave* L. bajo cultivo: Taxonomía, distribución y usos. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 32(101), 57-70.
35. Robert, M. L., Herrera, J. L., Contreras, F., & Scorer, K. N. (1987). In vitro propagation of *Agave fourcroydes* Lem. (Henequen). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 8(1), 37-48.
- 36.
37. Rodríguez-Garay, B., Gutiérrez-Mora, A., & Acosta-Dueñas, B. (1996). Somatic embryogenesis of *Agave victoria-reginae* Moore. *Plant Cell, tissue and organ culture*, 46(1), 85-87.
38. Rosales, M. S. D., Jiménez, M. D. L. L. G., Gómez, C. R., Valles, C. Q., de León, S. D. D., Ordaz, S. J. M., & Balch, E. P. M. (2008). El cultivo in vitro como herramienta para el aprovechamiento, mejoramiento y conservación de especies del género *Agave*. *Investigación y Ciencia*, 16(41), 53-62.

39. Sánchez-González, A., & González, L. M. (2007). Técnicas de recolecta de plantas y herborización. *La sistemática, base del conocimiento de la biodiversidad*, 123-133.
40. Santacruz-Ruvalcaba, F., Gutiérrez-Pulido, H., & Rodríguez-Garay, B. (1999). Efficient in vitro propagation of *Agave parrasana* Berger. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 56(3), 163-167.
41. Santos SLB, Passos AR, Queiroz SROD, Nascimento MN, Carneiro FS (2015). Genetic variability in populations of *Agave sisalana* PERRINE detected by inter simple sequence repeats. *Biosc. J.* 31(6):1624- 1633.
42. Sarasan, V., Cripps, R., Ramsay, M. M., Atherton, C., McMICHEN, M. O. N. I. C. A., Prendergast, G., & Rowntree, J. K. (2006). Conservation in vitro of threatened plants—progress in the past decade. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 42(3), 206-214.
43. Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). (2019). Manual de Técnicas de Curación y Preservación para un Herbario de Malezas [Versión 1.0]. Tecámac, México: Autor
44. Silos-Espino, G., González-Cortés, N., Carrillo-López, A., Guevaralara, F., Valverde-González, M. E., & Paredes-López, O. (2007). Chemical composition and in vitro propagation of *Agave salmiana* 'Gentry'. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 82(3), 355-359.
45. Torres, I., Blancas, J., León, A., & Casas, A. (2015). TEK, local perceptions of risk, and diversity of management practices of *Agave inaequidens* in Michoacán, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 11(1), 1-20.
46. Ullrich, B. (1992). On the history of *Agave asperrima* and *A. scabra* (Agavaceae) as well as some taxa of the Parryanae. *SIDA, Contributions to Botany*, 241-261.
47. USDA-NRCS. (2021). Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. [En línea]. Citado junio 2009. <https://plants.sc.egov.usda.gov/home/classification/27065>
48. Valenzuela-Sánchez, K. K., Juárez-Hernández, R. E., Cruz-Hernández, A., Olalde-Portugal, V., Valverde, M. E., & Paredes-Lopez, O. (2006). Plant regeneration of *Agave tequilana* by indirect organogenesis. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 42(4), 336-340.

49. Vargas-Ponce, O., Zizumbo-Villarreal, D., Martínez-Castillo, J., Coello-Coello, J., & Colunga-GarcíaMarín, P. (2009). Diversity and structure of landraces of Agave grown for spirits under traditional agriculture: a comparison with wild populations of *A. angustifolia* (Agavaceae) and commercial plantations of *A. tequilana*. *American Journal of Botany*, 96(2), 448-457.