

Estudios en Biodiversidad

Volumen I



Editores

Griselda Pulido-Flores, Scott Monks, & Maritza López-Herrera

Estudios en Biodiversidad

Volumen I

Editores

Griselda Pulido-Flores

Scott Monks

Maritza López-Herrera



Cuerpo Académico de Uso, Manejo y
Conservación de la Biodiversidad

Zea Books
Lincoln, Nebraska
2015

Cuerpo Académico de Uso, Manejo y Conservación de la Biodiversidad

Ciudad del Conocimiento
Carretera Pachuca-Tulancingo Km 4.5 s/n
C. P. 42184, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México

Text and illustrations copyright © 2015 by the respective authors. All rights reserved.
Texto e ilustraciones de autor © 2015 por los respectivos autores. Todos los derechos reservados.

ISBN 978-1-60962-072-1 paperback/ libro de bolsillo

ISBN 978-1-60962-073-8 ebook

Set in Georgia and Segoe types. Composition by Paul Royster.

Tipografía en Georgia y Segoe. Composición de Paul Royster.



Zea Books are published by the University of Nebraska–Lincoln Libraries.
Zea Books son publicados por la Biblioteca de Universidad de Nebraska-Lincoln.

Electronic (pdf) edition available online at / Electrónica (pdf) edición disponible en línea en
<http://digitalcommons.unl.edu/zeabook/>

Print edition can be ordered from / Edición Impresa se puede pedir a
<http://www.lulu.com/spotlight/unllib>

Presentación

Este libro es el producto del trabajo colegiado que han desarrollado los profesores, investigadores, y estudiantes que conforman la Red Temática de Calidad Ambiental y Desarrollo Sustentable, a través del macroproyecto “Evaluación del impacto ambiental por actividades antropogénicas: Alternativas de mitigación”. El cual fue apoyado con recursos financieros por parte del Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP), de la Secretaría de Educación Pública (SEP) en México.

Las instituciones de educación superior y cuerpos participantes en la red temática son la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (Uso, Manejo y Conservación de la Biodiversidad UAEH-CA-10; Ciencias Ambientales UAEH-CA-59); Universidad Autónoma de Guerrero (Recursos Naturales Marinos y Costeros UAGRO-CA-143; Ambiente y Desarrollo Regional UAGRO-CA-29; Procesos Sociales, Económicos y Políticos en el Desarrollo Regional UAGRO-CA-110); Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (Desarrollo Sustentable BUAP-CA-165; Evaluación, Manejo y Conservación de Sistemas Agroproductivos y Forestales BUAP-CA-93; Ingeniería en materiales BUAP-CA-177); Universidad Autónoma de Zacatecas (Biología Experimental en Plantas UAZ-CA-131); Universidad Autónoma de Baja California (Biotecnología Integral UABC-CA-51); Universidad Autónoma de Tamaulipas (Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable UAT-CA-29).

Cada una de las contribuciones giran entorno al conocimiento de la biodiversidad, manejo y conservación de los recursos naturales de algunas entidades federativas de México; particularmente de Hidalgo, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Baja California, Tamaulipas, Zacatecas y Puebla.

Griselda Pulido-Flores, Scott Monks y Maritza López-Herrera
Editores científicos

Contribuciones

Revisión bibliográfica de algunos términos ecológicos usados en parasitología, y su aplicación en estudios de caso <i>Christian Elizabeth Bautista-Hernández, Scott Monks, Griselda Pulido-Flores, y Amado Erick Rodríguez-Ibarra</i>	11
Riqueza de helmintos parásitos de vertebrados silvestres del Estado de Hidalgo, México <i>Jorge Falcón-Ordaz, Scott Monks, Griselda Pulido-Flores, Luis García-Prieto, y Georgina Lira-Guerrero</i>	20
Nuevos registros y redescrición de <i>Rhabdochona xiphophori</i> Caspeta-Mandujano, Moravec y Salgado-Maldonado, 2001 (Nematoda: Rhabdochonidae) en el Estado de Hidalgo, México <i>Jorge Falcón-Ordaz, Scott Monks, Griselda Pulido-Flores, Christian Elizabeth Bautista-Hernández, y Sarahi Hernández-Hernández</i>	38
Evaluación de las infracomunidades de tres especies de peces en dos localidades de la huasteca hidalguense <i>Christian Elizabeth Bautista-Hernández, Scott Monks, y Griselda Pulido-Flores.</i>	44
Helmintos parásitos de fauna silvestre en las Costas de Guerrero, Oaxaca y Chiapas, México <i>Griselda Pulido-Flores, Scott Monks, Jorge Falcón-Ordaz y Juan Violante-González</i>	52
Parasitofauna de peces de lagunas costeras del Estado de Guerrero, México <i>Juan Violante-González, Griselda Pulido-Flores, Scott Monks, Agustín A. Rojas-Herrera, Jaime Salvador Gil-Guerrero, Sergio García-Ibáñez, y Jonatan Carbajal-Violante</i>	78
Revisión del uso de céstodos como indicadores de contaminación por metales pesados en mamíferos de medios terrestres <i>Jorge Falcón-Ordaz, Scott Monks, y Griselda Pulido-Flores</i>	96
Importancia de las aves ictiófagas como hospederos finales de helmintos, en dos lagunas costeras del Estado de Guerrero, México <i>Juan Violante-González, Griselda Pulido-Flores, Scott Monks, Agustín A. Rojas-Herrera, Miguel A. Melo-García, Sergio García-Ibáñez, Edgar León Esparza-Ibarra, Edvino Larumbe-Morán, y Jonatan Carbajal-Violante</i>	104
Calidad del agua en la subcuenca fluvial La Garita, Acapulco, Guerrero por monitoreo con insectos <i>Ana Yolanda Rosas-Acevedo, Audel Sánchez-Infante, y José Luis Rosas-Acevedo</i>	121
Indicadores bióticos de calidad ambiental del sur del Estado de Tamaulipas, México. Caso de estudio: Aves <i>René Bernardo Elías Cabrera-Cruz, Marco Antonio González-González, Julio César Rolón-Aguilar, y Juan Carlos Gaytán-Oyarzún.</i>	130

Problemática de contaminación en la zona agrícola de La Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, Hidalgo, México <i>Maritza López-Herrera, Leticia Romero-Bautista, Nahara Ayala-Sánchez, Irma E. Soria-Mercado, y Amelia Portillo-López</i>	142
Presencia de metales pesados en La Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, Hidalgo, México <i>Irving Giovanni González-Salazar, Maritza López-Herrera, Scott Monks, y Griselda Pulido-Flores</i>	151
Percepción de calidad de vida, contaminación y riesgo en localidades rurales del Municipio de Tecoaapa, Guerrero <i>Rocío López-Velasco, América Rodríguez-Herrera, Humberto González-González, Branly Olivier-Salomé, y Consuelo Montalvo-Marques</i>	155
El arbolado de los espacios públicos abiertos de la zona de monumentos del centro histórico de la Ciudad de Puebla <i>Víctor Gutiérrez-Pacheco, Sonia Emilia Silva-Gómez, José Silvestre Toxtle-Tlamani, y J. Santos Hernández-Zepeda.</i>	161
Plantas útiles de tres municipios (Metztlán, Atotonilco El Grande y Huasca de Ocampo) de La Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, Hidalgo, México <i>Miguel Ángel Villavicencio-Nieto, Blanca Estela Pérez-Escandón, y Berenice N. López-Gutiérrez</i>	173
La biodiversidad de los hongos ectomicorrízicos, su importancia para la conservación del bosque en la zona poblana del Parque Nacional Malintzi <i>Marco Antonio Marín-Castro, Virginia Silva-Díaz, Gladys Linares-Fleites, Ana María Castagnino, y José Antonio Ticante-Roldán</i>	180
Los hongos poliporoides de la subcuenca del Río Metztlán, Hidalgo, México <i>Leticia Romero-Bautista, Miguel Ángel Islas-Santillán, Maritza López-Herrera, Nahara Ayala-Sánchez, Irma Estela Soria-Mercado, Amelia Portillo-López, Tania Raymundo-Ojeda, y Ricardo Valenzuela-Garza</i>	196
Los hongos agaricales de las áreas de encino del estado de Baja California, México <i>Nahara Ayala-Sánchez, Irma E. Soria-Mercado, Leticia Romero-Bautista, Maritza López-Herrera, Roxana Rico-Mora, y Amelia Portillo-López</i>	215
Los agaves mezcaleros del altiplano Potosino y Zacatecano <i>Edgar León Esparza-Ibarra, Juan Violante-González, Scott Monks, Jorge Cadena-Iñiguez, Cuauhtémoc Araujo-Andrade, y Erich Dietmar Rössel Kipping</i>	227

Los agaves mezcaleros del altiplano Potosino y Zacatecano

Edgar León Esparza-Ibarra, Juan Violante-González, Scott Monks,
Jorge Cadena Iñiguez, Cuauhtémoc Araujo-Andrade y Erich Dietmar Rössel-Kipping

Resumen

En el Altiplano Potosino y Zacatecano, los agaves mezcaleros son un componente socioeconómico importante ya que se pueden aprovechar desde el punto de vista económico, ya que tiene valor en el mercado para la producción de bebidas espirituosas como el mezcal; social, ya que su producción y modo de empleo genera jornales disminuyendo la migración; en la salud, por la producción de aguamiel, jarabes e inulinas como complemento nutricional; científico, por los aportes al conocimiento en la variación biológica de los agaves; debido a la diversidad y su plasticidad para enfrentar temperaturas extremas y sequías prolongadas, entre otros. Es por todo ello de importancia la caracterización de cada una de las variantes biológicas de esta especie, para lo cual se describieron sus caracteres morfológicos mediante el uso de una guía técnica descrita para agaves. La descripción es sólo un primer paso para su registro y protección legal, además de preservar la biodiversidad de este recurso genético de la nación, generando estrategias para su aprovechamiento sustentable con el fin de valorar la conservación de este patrimonio que se mantiene hoy en día vivo en manos de numerosas comunidades, que requieren opciones para su desarrollo socio económico donde el agave es protagonista.

Palabras clave: Agave, Maguey, Mezcal

Introducción

El género *Agave* se encuentra ubicado dentro de la familia *Agavaceae*, la cual surgió aproximadamente hace 8 millones de años (Eguiarte *et al.*, 2000) y su nombre proviene del griego *Agavos* que significa “admirable o noble” y fue descrito por el naturalista sueco Carlos Linneo en 1753 (Gómez-Pompa, 1963). A los agaves se les conoce con el nombre común de “maguey” o “mezcal” y se distribuyen en América; teniendo su límite septentrional desde Dakota del Norte, en Estados Unidos de América, y se extiende a Sudamérica a través de los Andes hasta Bolivia y Paraguay. Actualmente se reconocen alrededor de 273 especies

de agave, 205 crecen en México (75%), y 151 son endémicas (55%); siendo México el centro de mayor riqueza y biodiversidad de agaves (Figura 1), ya que se encuentran un poco más de la mitad de especies en nuestro país (García-Mendoza, 1995).

En Mesoamérica, los agaves han sido importantes desde hace 9,000 años y desde el punto de vista de grupos étnicos como los Huicholes, éstos los describen como la primera planta creada por dios. Además según descripciones, tiene más de 100 usos y se reportan actualmente por lo menos unas 70 formas de empleo (Tabla 1; Figura 2), entre las que destacan la producción de bebidas como el aguamiel, pulque, bacanora, tequila y el mezcal entre otros (Granados, 1993).



Figura 1. Distribución de los agaves en México (Modificado de CONABIO, 2005).

Los agaves son plantas hermafroditas y monocotiledóneas, que se caracterizan por ser suculentas perennes y con un tronco corto. Sus hojas, o “pencas”, se disponen en rosetas y tienen forma lanceolada (forma de lanza), rígidas, carnosas, acabadas en espina y con los márgenes dentados y espinosos. La zona donde reside la base de las hojas recibe el nombre de tallo y se le conoce también como “corazón” o “piña” (Figura 2). Posee inflorescencias en espigas o racimos situados sobre un largo escapo floral o “quiote”. El perianto es tubular con los estambres sobresaliendo a éste y su fruto se encuentra en cápsulas, con semillas negras achatadas (Aguirre *et al.*, 2001).

El final de la vida del agave lo marca la floración, que es resultado de las flores polinizadas por murciélagos, aves e insectos que producen las semillas las cuales aseguran la descendencia y una alta diversidad genética en la población. Si las semillas no se logran, pueden desarrollarse por apomixis yemas vegetativas o bulbilos en las ramas. Otra opción reproductiva son los hijuelos, que se producen a partir de un rizoma o raíz que surge de la base de la planta a lo largo de la vida del agave (Figura 3).

La forma más tradicional de producción del agave, es la de siembra por hijuelos; éstos son trasplantados a los 3 o 4 años, ya que se dejan hasta que alcancen el tamaño necesario para cosecharlos. Otra forma de producción es la germinación de semillas, las cuales se cultivan en viveros previamente acondicionadas para después ser trasplantadas a otro lugar. Actualmente existe la posibilidad de su reproducción *in vitro* en el laboratorio.

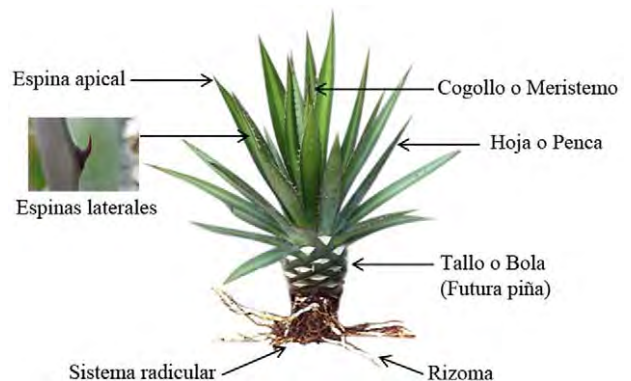


Figura 2. Anatomía del agave.

Tabla 1. Usos y productos tradicionales que se pueden obtener de las especies de *Agave*

Destino	Partes de la planta	Destino	Partes de la planta
Bebidas			
Aguamiel	Piña del maguey	Levadura	Residuos de pulque
Bacanora	Piña del maguey de sonora	Condimento	Pulque
Jarabe	Aguamiel concentrada	Tortillas	Quiote
Pulque	Aguamiel fermentada	Mezcal dulce	Penca asada u horneada
Miel	Aguamiel concentrada	Barbacoa	Hoja verde
Vinagre	Aguamiel fermentada	Ornato	
Aguardiente	Pulque destilado	Adornos de navidad	Maguey completo
Mezcales	Piña de los agaves mezcateros	Base para adornos de pluma y oro	Pencas
Tequila	Piña del agave tequilero	Fibras para arcos florales	Pencas
Atoles	Aguamiel	Adornos corporales	Semillas
Tejido y vestuario		Juguetes para niños	Semillas
Hilos y tejidos	Fibra de la penca	Sonajas	Semillas
Costales, bolsas y mantas	Pencas	Tocados para mujeres	Fibras del quiote
Tapetes, lazos y morrales	Pencas	Uso doméstico general	
Sandalias y huipiles	Pencas	Jabón para ropa	Raíces y pencas
Cinchos y hamacas	Pencas	Cepillos para lavar	Raíces
Petates y petacas para tortillas	Pencas	Cepillos y escobas	Raíces
Sombreros y ayates gruesos para carga	Pencas	Canastas	Raíces
Construcción		Clavos	Espinas
Vigas	Quiote seco	Aguja con hilo incluido	Púa terminal con fibra
Adobes	Bagazo de la piña	Recipientes para comida	Pencas
Medicinal		Bateas para masa y otros alimentos	Pencas
Sifilis, Cáncer, etc.	Diversas partes (agavinas)	Recipiente para agua	Piña
Comida y condimento		Material para cubrir la barbacoa de borrego	Pencas
Gusanos blancos	Pencas	Tapones para castañas y barriles	Pencas
Gusanos rojos (chinicuiles)	Raíces	Estropajos y estopa	Pencas
Sal de gusano	Piña	Escobetas	Pencas
Condimentos para barbacoa	Pulque	Combustible	Pencas y piñas secas
Guiso de gualumbo	Flores	Bancos para sentarse	Mezontete
Postre	Quiote asado, piña horneada	Agropecuaria	
Azúcar	Aguamiel concentrada	Deslindar terrenos	Planta completa
Saborizante de tamales y pan	Aguamiel y piña	Formar y proteger terrazas	Planta completa
Mixiotes	Epidermis del meyolote	Cercas protectoras	Planta completa
Guiso de huevito	Corazón del meyolote	Abono	Cenizas de pencas y piñas secas
		Protección contra la erosión	Planta completa
		Alimento para aves	Residuos de pulque

En México existe una inmensa diversidad de productos cuya calidad la definen su biología, geografía e historia. Es por ello, que la denominación de origen permite designar y hacer el reconocimiento de que un producto es originario de una región geográfica del país y que sus características y calidad obedecen exclusivamente al medio geográfico, a los factores y recursos naturales y humanos (Artículo 156, Ley de la Propiedad Industrial). Actualmente existe la

denominación de origen en México para los siguientes productos: 1) La piedra ámbar de Chiapas, 2) las cajitas de olinalá en Guerrero, 3) la talavera en Puebla y Tlaxcala, 4) el café de Chiapas, 5) el café de Veracruz, 6) el café pluma de Oaxaca, 7) el chile habanero de Yucatán, 8) el mango Ataulfo de Chiapas, 9) la vainilla de Papantla, Veracruz, 10) el agua mineral en Tehuacán, Puebla. Así como para las bebidas destiladas o espirituosas de: 11) bacanora de Sonora, 12) charanda de



Figura 3. Murciélago polinizador y formas de reproducción del agave.

Michoacán, 13) sotol de Chihuahua, Coahuila y Durango, 14) tequila de Guanajuato, Jalisco, Nayarit, Michoacán y Tamaulipas; y 15) mezcal de Durango, Guanajuato, Guerrero, Michoacán, Oaxaca, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas (IMPI, 2013).

El DOF (2012) señala que el mezcal obtuvo su declaratoria desde 1994 (DOF-1994-11-28) y actualmente existe un organismo certificador que es el Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal (COMERCAM, 2007), el cual vigila el cumplimiento de la norma oficial mexicana para su elaboración (NOM-070-SCFI-1994) en los estados con denominación de origen mezcal.

El mezcal a diferencia de otras bebidas, se puede elaborar de varias especies diferentes de *Agave* (Tabla 2), siempre y cuando, no se utilice el mismo material para producir otras bebidas diferentes dentro de los estados con denominación de origen. Por lo que es necesario profundizar y sistematizar los conocimientos sobre la riqueza de las variantes múltiples de las plantas de *Agave* y sus distintos mezcales derivados de ellos.

El mezcal se define como una bebida alcohólica regional, que se obtiene por la destilación y rectificación de los mostos provenientes de los azúcares de las cabezas maduras del maguey previamente cocidas y sometidas a fermentación alcohólica con levaduras, cultivadas o no (NOM-070-SCFI-1994). Existe la creencia popular que el mezcal produce un efecto similar al de un tónico, pues además de su inmediato efecto afrodisíaco, aseguran que el hábito de consumirlo, con moderación, prolonga la vida sexual del individuo y por ende, la vida misma.



Figura 4. Mezcales. A. Joven; B. Reposado; C. Añejo.

Según la NOM-070-SCFI-1994, hay dos tipos de mezcal: el Tipo I que se elabora con el 100% de los azúcares del agave, y el tipo II que contiene solo 80% de los azúcares del agave. Además existen tres categorías del mezcal: el joven o blanco, que es el mezcal tal cual sale de la destilación y que puede ser abocado; el reposado, que es el que se deja reposar al menos dos meses; y el añejo, que es el que tiene un año madurando en barricas de roble blanco o encino (Figura 4).






El mezcal debe cumplir con las siguientes especificaciones: de 36 a 55 por ciento de grados de alcohol volumen a 20°C, de 30 a 300 mg de metanol, de 0 a 170 mg de acidez, de 0.2 a 10 gramos por litro de extracto seco y de 0 a 400 mg de alcoholes superiores (NOM-070-SCFI-1994). El último de los parámetros, es la característica por lo que es considerado como una de las bebidas espirituosas que menos alcoholes superiores contiene, a diferencia de otras bebidas como el tequila, charanda, whisky, etc., que están por arriba de estos parámetros fisicoquímicos (Tabla 3). Lo cual lo hace una bebida idónea para su consumo moderado debido a que causa menos toxicidad a diferencia de otras bebidas destiladas.

En Zacatecas, existen dos regiones productoras de mezcal, una en el sur conocida como los cañones, donde se produce solo de *Agave tequilana* weber variedad azul con 5,300 hectáreas principalmente en los municipios de Jalpa, Juchipila, Trinidad García de la Cadena y Téul de González Ortega. Mientras que en el sureste, existen alrededor de 59,000 hectáreas de poblaciones naturales de *Agave salmiana* spp. (maguey verde) y que comprenden los municipios de Loreto, Ojocaliente, Pinos, Noria de Ángeles, Villa Hidalgo,

Tabla 2. Riqueza de agaves (*Agave*) más comunes, empleados para la elaboración del mezcal en los estados con denominación de origen (CONABIO, 2005)

Tipo de planta	Especie	Característica
	<i>A. angustifolia</i>	El maguey de más amplia distribución, posible ancestro del maguey azul tequilero y del henequén.
	<i>A. salmiana</i>	Del altiplano Potosino – Zacatecano, región mezcalera integrada natural y culturalmente.
	<i>A. rhodocanta</i>	Su belleza y solitaria presencia en las tierras altas le valieron el nombre de “Mexicano”.
	<i>A. maximiliana</i>	De él se derivan mezcales que fueron prohibidos en Sinaloa en el siglo XVIII.
	<i>A. lophanta</i>	De inflorescencia espigada, pequeño pero con mucho azúcar, es característico de Tamaulipas.
	<i>A. durangensis</i>	Utilizado para producir pulque y mezcal; es exclusivo de Durango y Zacatecas.
	<i>A. tequilana</i>	El vino mezcal de Tequila prescindió de su primer nombre y sólo guardó el de su región de origen.
	<i>A. inaequidens</i>	Mezcalero y pulquero asociado a sustratos volcánicos del centro de México.
	<i>A. marmorata</i>	Su hermosa inflorescencia tiene importantes usos ornamentales y ceremoniales.

Tabla 2. Riqueza de agaves (*Agave*) más comunes, empleados para la elaboración del mezcal en los estados con denominación de origen (CONABIO, 2005) (continuado)

Tipo de planta	Especie	Característica
	<i>A. cupreata</i>	Dulce y bronco como los mezcales y las culturas de la cuenca del Balsas.
	<i>A. potatorum</i>	El tobalá es de los magueyes silvestres más apreciados para mezcal en Oaxaca.
	<i>A. americana</i>	El primer maguey conocido en Europa, una de las especies mezcaleras del noreste de México.
	<i>A. oaxacensis</i>	Variedad domesticada, el dulce arroqueño es uno de los magueyes mezcaleros más longevos.
	<i>A. karwinski</i>	Propio de zonas áridas del sur y con numerosas variantes.

Villa García y Villa González (Figura 5). En San Luis Potosí, el maguey verde y la producción de mezcal, se encuentran distribuidos en los municipios de Ahualulco, Charcas, Matehuala, Mexquitic, Villa de Reyes y Venado; donde hay una gran diversidad de estos agaves. Existen diferencias en cuanto al proceso de elaboración del mezcal en el altiplano Potosino-Zacatecano con respecto a la región sur del estado de Zacatecas. Siendo de manera rústica o artesanal en el altiplano, mientras que el proceso de producción de mezcal, es

más eficiente para la otra región, ya que se produce de manera más tecnificada o industrial. Es interesante el procesamiento, ya que la bebida obtiene un sabor característico dependiendo de la región en la que es elaborada y a la mayor diversidad que se encuentran en los agaves silvestres *Agave salmiana*, que crecen junto a otras plantas y animales en ecosistemas llenos de vida; por lo que los agaves de cada región son un patrimonio que es necesario conservar y aprovechar de forma sustentable.

Tabla 3. Especificaciones máximas permitidas en diversas bebidas espirituosas

Bebida destilada	Extracto seco (g/L)	Acidez total (mg de Ácido Acético)	% Alcohol volumen a 20 °C	Metanol (mg/100 ml)	Alcoholes superiores (mg/100ml)
Mezcal	10	170	36 - 55	300	400
Tequila	5	N. E.	35 - 55	300	500
Sotol	15	N. E.	35 - 55	300	400
Bacanora	N. E.	170	38 - 55	300	400
Charanda	15	110	35 - 55	300	500
Coñac	N. E.	N. E.	40 - 60	300	1000
Whisky	N. E.	N. E.	40 - 62	300	1000

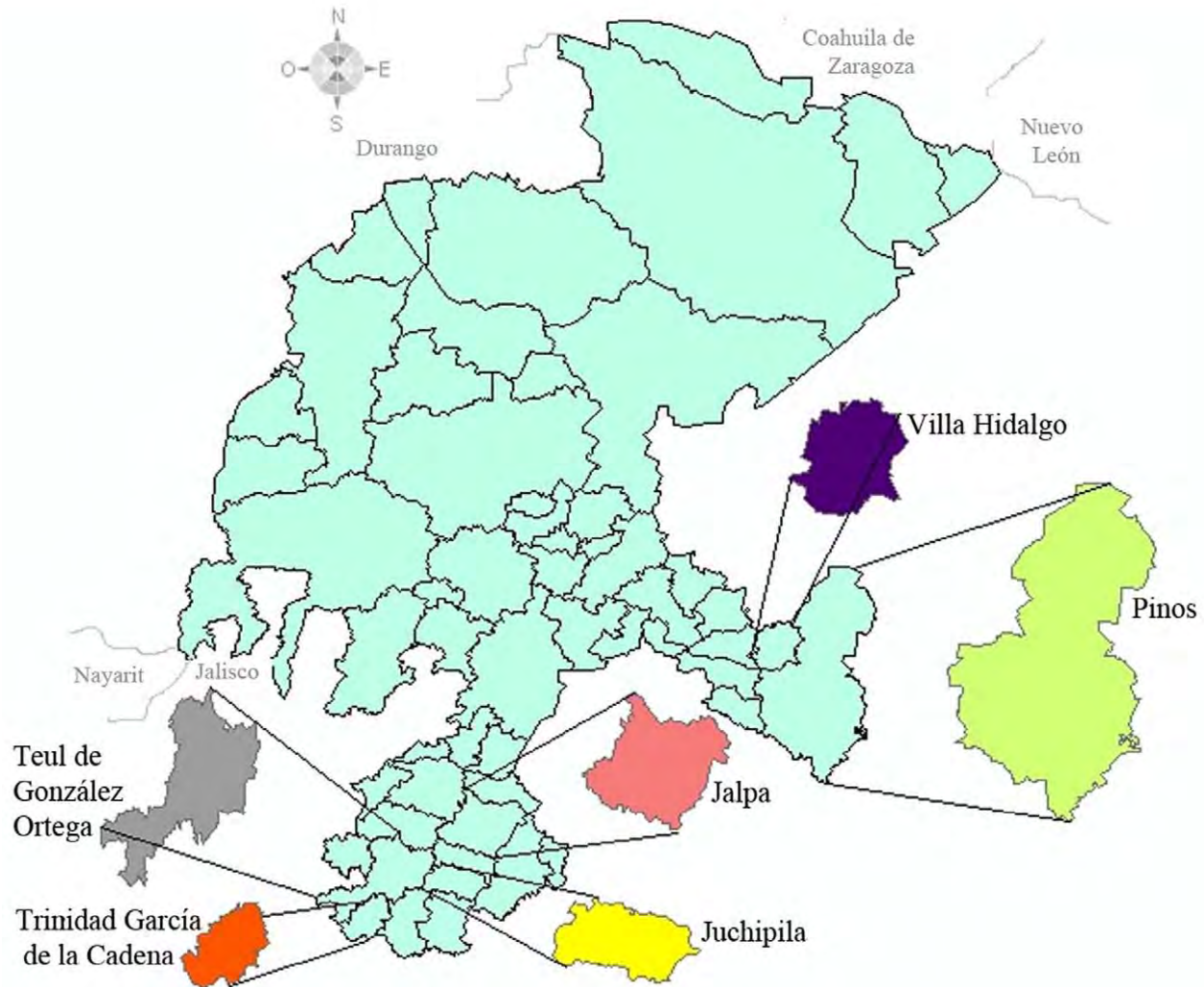


Figura 5. Regiones productoras de agave y mezcal en Zacatecas.

Por otra parte, se sabe que en el *A. salmiana* puede presentar una amplia variación fenotípica y que no han sido caracterizadas dichas variantes biológicas, además de que existe confusión respecto a su nivel de domesticación y adaptación al ambiente. Por lo que deben existir caracteres morfológicos y moleculares dentro de la riqueza de su variación que permiten su distinción; que puede asegurar a los productores de la región del altiplano Potosino-Zacatecano, las características homogéneas de olor y sabor que garanticen la calidad del mezcal que elaboran tradicionalmente de estos agaves. Además de que se puede preservar este recurso genético, mediante el registro de sus variantes biológicas ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) para su protección legal. Es por ello, que

describimos los agaves mezcaleros del altiplano Potosino y de Zacatecas.

Materiales y Métodos

Se realizaron descripciones en campo de los magueyes mezcaleros ($n=160$) en varias comunidades de las regiones productoras de mezcal (Tabla 4). Así como también se determinaron la edad promedio y el contenido de azúcares de cada uno de los agaves (grados brix).

Para ello se utilizó la guía técnica de descriptores varietales para agave del SNICS, en el cual se hicieron 30 mediciones de los descriptores de la guía técnica de agaves (SNICS, 2007). En la Tabla 5, se enlistan los caracteres que se midieron; así como el estado del carácter.

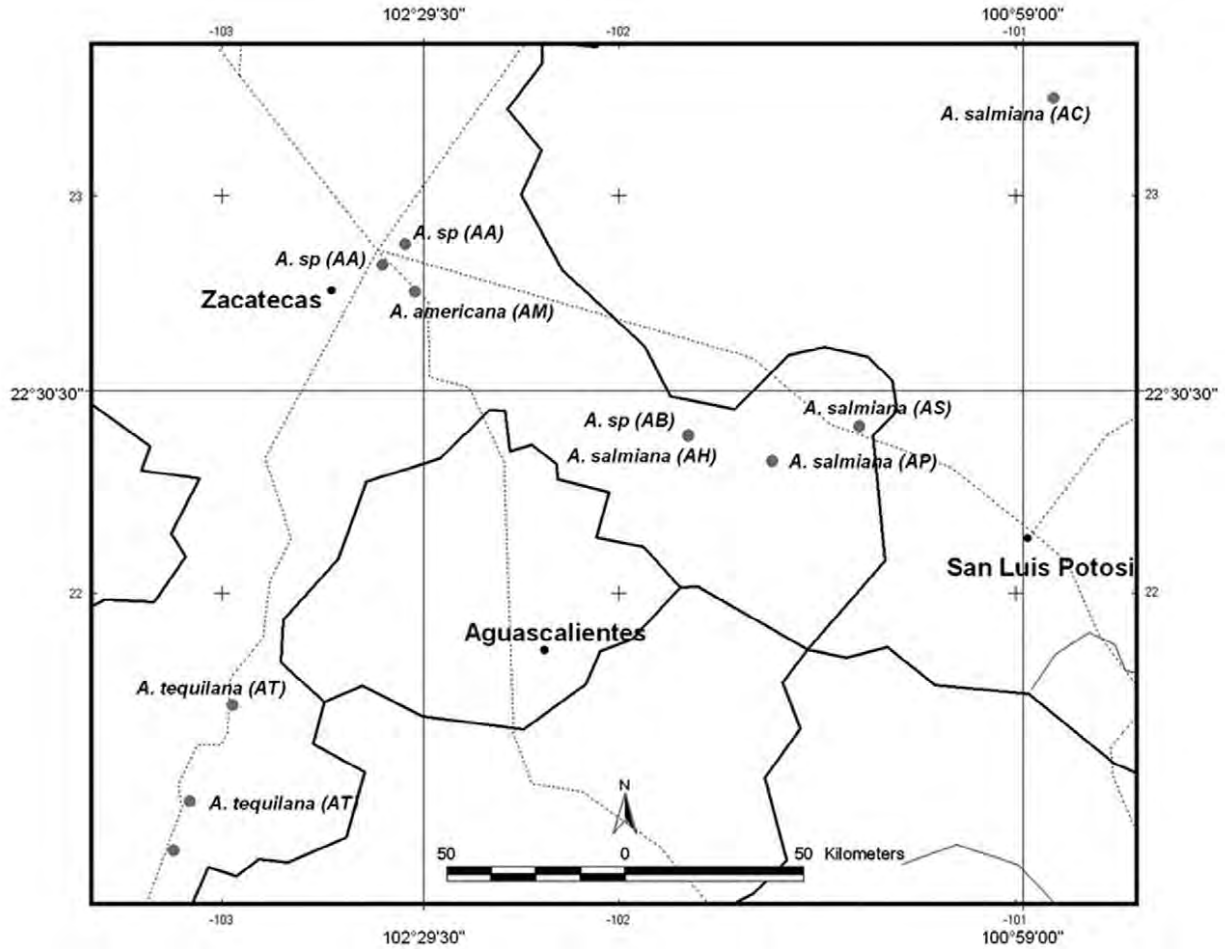


Figura 6. Localización de los agaves del estudio.

A los 160 agaves muestreados se les aplicó la guía técnica para agaves y se obtuvieron alrededor de 4,800 datos, los cuales se vaciaron en tablas. Luego se homogenizaron los datos, obteniendo los mínimos

y máximos; para luego someter a diversos análisis. Se realizó un análisis de componentes principales (PCA en inglés), desarrollado por Karl Pearson en 1901. En el cual se toman p variables correlacionadas, las

Tabla 4. Coordenadas de los agaves en diferentes comunidades

Especie	N	W	Altura (msnm)	Localidad
<i>Agave</i> sp. (AB)	22°23'730"	101°49'379"	2427	La Honda
<i>Agave</i> sp. (AA)	22°49'499"	102°35'616"	2287	Hacienda Nueva
<i>Agave</i> sp. (AA)	22°52'704"	102°32'213"	2305	Pánuco
<i>A. americana</i> (AM)	22°45'490"	102°30'663"	2228	Guadalupe
<i>A. tequilana</i> (AT)	21°21'066"	103°07'171"	1248	Juchipila
<i>A. tequilana</i> (AT)	21°28'485"	103°04'709"	1393	Apozol
<i>A. tequilana</i> (AT)	21°42'926"	102°58'262"	1481	Jalpa
<i>A. salmiana</i> (AH)	22°23'700"	101°49'426"	2427	La Honda
<i>A. salmiana</i> (AP)	22°19'908"	101°36'652"	2425	Pinos
<i>A. salmiana</i> (AS)	22°25'134"	101°23'521"	2428	Saldaña
<i>A. salmiana</i> (AC)	23°14'715"	100°54'145"	2420	Charcas

Tabla 5. Lista de caracteres y sus estados con base a los descriptores de la guía técnica para agave, según la unión internacional para la protección de las obtenciones vegetales

Carácter	Estado de carácter
Hoja	
1. Presencia del segundo color	1-ausente y 9-presente
2. Tonalidad del segundo color	1- blanco y 2-amarillo
3. Distribución del segundo color	1-marginal, 2-central y 3-reticulado
4. Textura	1-lisa y 2-rugosa
5. Tipo de curvatura	1-ausente, 2-recurvado, 3-incurvado y 4-ondulado
6. Tipo de margen	1-liso, 2-ondulado, 3-dentado y 4-crenado
7. Visibilidad (Tallo)	1-no visible y 9-conspicuo
8. Color	1-verde amarillento, 2-verde y 3-azul
9. Intensidad del color	3-débil, 5-medio y 7 fuerte
10. Forma	1-lineal, 2-espatulada, 3-deltoide, 4-lanceolada, 5-oblonga y 6-ovada
11. Glausencia	1-ausente y 9-presente
12. Longitud	3-corta, 5-media y 7-larga
13. Anchura	3-estrecha, 5-media y 7-ancha
14. Relación largo/ancho	3-pequeña, 5-media y 7-grande
15. Forma del corte transversal	1-plano, 2-en forma de "v", 3-en forma de "u", 4-cóncavo, 5-quillado, 6-obdeltado, 7-oblato, 8-hemioblato y 9-circular
16. Forma de la espina terminal	1-recta, 2-curvada, 3-filiforme y 4-polifurcada
17. Longitud de la espina terminal	3-corta, 5-media y 7-larga
18. Forma de las espinas laterales	1-recta, 2-curva, 3-ganchuda y 4-filífera
19. Perfil de la espina lateral	1-única, 2-bifurcada, 3-trifurcada y 4-polifurcada
20. Color de las espinas laterales	1-blanco, 2-marrón, 3-rojizo y 4-negro
21. Estrías en las espinas laterales	1-ausente y 9-presente
22. Uniformidad en el tamaño de las espinas laterales	1-homogénea y 9 heterogénea
23. Número de espinas laterales	3-pequeño, 5-medio y 7-grande
24. Distancia entre las espinas laterales	3-baja, 5-media y 7-alta
Planta	
25. Hábito de crecimiento	1-rosetófila acaulescente y 2-rosetófila caulescente
26. Diámetro de la roseta	3-pequeño, 5-medio y 7-grande
27. Número de hojas por filotaxia	3-bajo, 5-medio y 7-alto
28. Número de hojas	3-bajo, 5-medio y 7-alto
29. Altura	3-baja, 5-media y 7-alta
Hijuelos	
30. Prolificidad	1-ausente, 3-baja, 5-media y 7-alta

cuales describen n objetos y se encuentra una combinación lineal de estas para generar otras variables nuevas que no estén correlacionadas, las cuales son llamadas Componentes Principales (CPs ó PCs en inglés). El PCA tiene un doble objetivo: una transformación dentro de un sistema de coordenadas más relevante y una reducción de dimensionalidad (usando solo la componente principal que refleja la estructura en los datos).

Resultados y Discusión

Una vez que se colectaron los datos en todas las poblaciones de agaves que comprendieron el estudio

(Figuras 7 a 14), se realizaron los análisis de componentes principales para cada grupo.

En el PCA (Figura 15), se pueden identificar cuatro grupos correspondientes a cada una de las especies de agaves (*A. americana*, *A. salmiana*, *Agave* sp. y *A. tequilana*), lo cual es congruente con la localidad y características morfológicas de cada una de estas especies. Así mismo, al realizar el PCA (Figura 16) en los *Agave* sp. (AA y AB), éstos se agruparon de manera independiente, lo cual nos dice que existen diferencias entre ellos, que permiten su distinción.

Para el caso de los *A. salmiana* (AP, AS y AC), se puede observar que todos se agruparon en un mismo



Figura 7. *Agave* spp. de La Honda, Villa Hidalgo, Zacatecas (AB).



Figura 8. *Agave* spp. de Hacienda Nueva y Pánuco, Zacatecas (AA).



Figura 9. *Agave americana* de Guadalupe, Zacatecas (AM).



Figura 10. *Agave tequilana* de Apozol, Jalpa y Juchipila – Zacatecas (AT).



Figura 11. *Agave salmiana* de La Honda, Villa Hidalgo, Zacatecas (AH).



Figura 12. *Agave salmiana* de Pinos, Zacatecas (AP).



Figura 13. *Agave salmiana* de la comunidad de Saldaña, Zacatecas (AS).



Figura 14. *Agave salmiana* de la comunidad de Charcas, San Luis Potosí (AC).

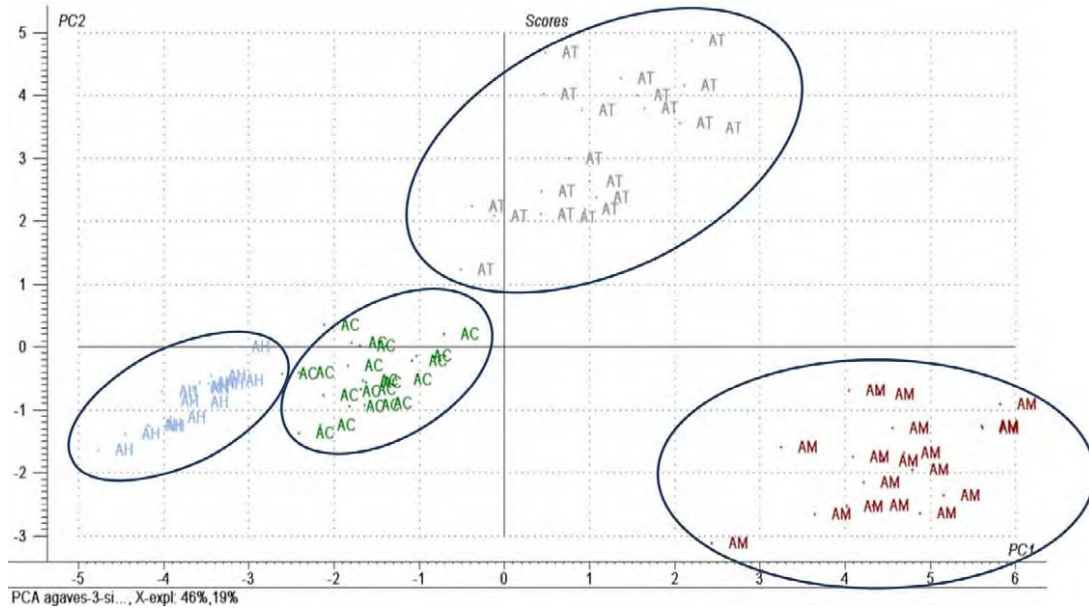


Figura 15. Gráfico de PCA de cuatro especies de Agaves: *Agave* sp. (AH), *A. salmiana* (AC), *A. tequilana* (AT) y *A. americana* (AM).

grupo, ello nos indica que son muy similares entre ellos, pero diferentes a los *Agave* sp. (Figura 17). El análisis de filogenético para el caso de los *A. salmiana* (datos no mostrados) arrojó diferencias al interior de cada grupo, estos ecotipos además están relacionados entre sí, al analizar todas las localidades de donde provienen los *A. salmiana* y ello podría atribuirse al intercambio directo o indirecto de material vegetativo entre los productores de agave-mezcal, debido a que existen políticas gubernamentales de transplantar los

hijuelos como un acto de reforestación.

Conclusiones

El análisis de componentes principales resultó ser una herramienta útil para analizar diferencias y semejanzas entre diversas especies de agaves mezcaleros. Donde se pudieron diferenciar las especies de Agaves americana, *A. salmiana*, *Agave* sp. y *A. tequilana*. Los datos obtenidos de los agaves mezcaleros,

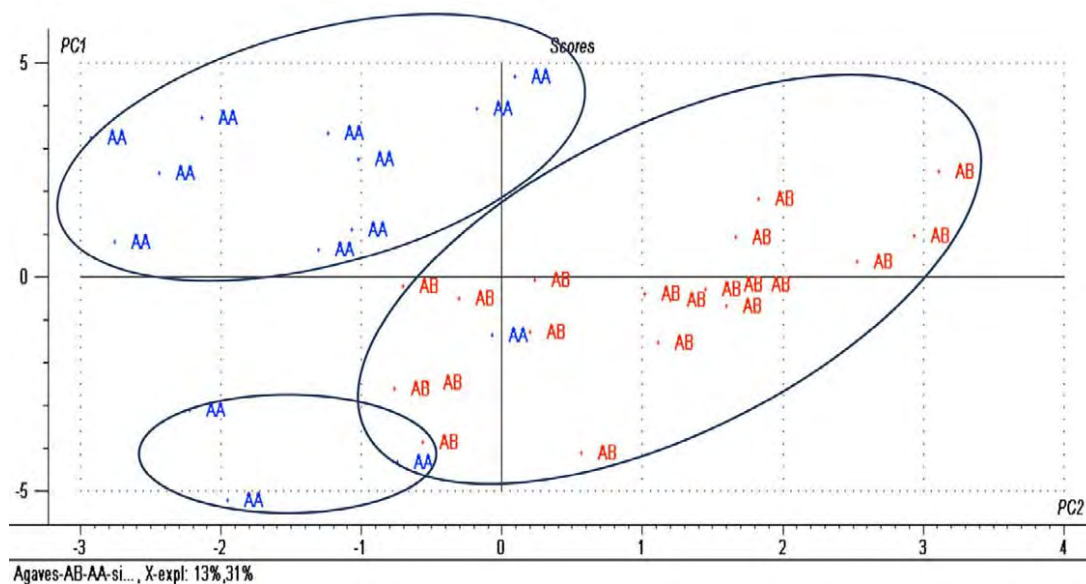


Figura 16. Gráfico de PCA de *Agave* sp. (AA y AB).

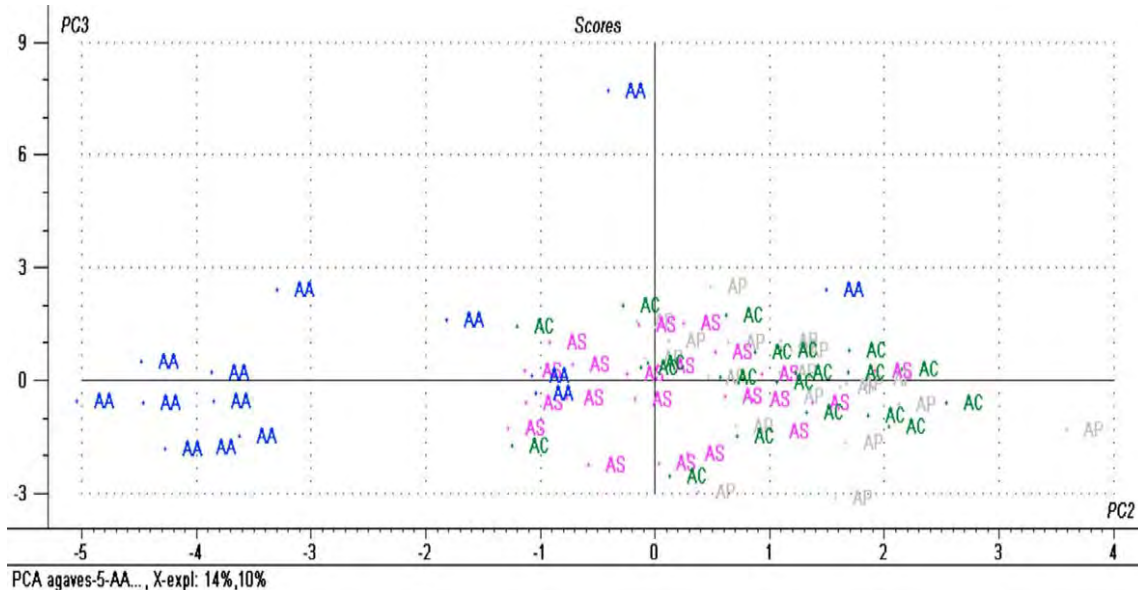


Figura 17. Gráfico de PCA de dos especies de Agave: *Agave* sp. (AA) y *A. salmiana* (AP, AC y AS).

servirán para el registro de las variantes de agaves mezcaleros ante el SNICS.

Literatura citada

- Aguirre, R. J., S. Charcas, y J. L. Flores. 2001. El Maguey Mezcalero Potosino. Consejo Potosino de Ciencia y Tecnología, Gobierno del Estado de San Luis Potosí. Instituto de Investigaciones de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P, México. 87 p.
- CONABIO: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2005. Primera edición del mapa "Agave, mezcales y diversidad". Página en red: <http://www.biodiversidad.gob.mx/ usos/mezcales/mMapa.html>; (consultada 15 enero, 2014).
- COMERCAM: Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal A. C. 2007. Página en red: <http://www.crm.org.mx/>; (consultada 20 marzo, 2012).
- DOF: Diario Oficial de la Federación. 2012. Modificación a la Declaración General de Protección de la Denominación de Origen Mezcal. Diario Oficial de la Federación. México, Distrito Federal, 21 de noviembre de 2012. Página en red: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5278677&fecha=22/11/2012; (consultada 17 septiembre, 2014).
- Eguarte, L. E., V. S. Souza, y M. A. Silva. 2000. Evolución de la familia Agavaceae: Filogenia, biología reproductiva y genética de poblaciones. Boletín de la Sociedad Botánica de México 66:131-150.
- García-Mendoza, A. 1995. Riqueza y endemismo de la familia Agavaceae en México. En Linares, E., P. Dávila, F. Chiang, R. Bye, T. Elías (eds). Conservación de plantas en peligro de extinción: Diferentes enfoques. Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, México, Distrito Federal. 51-75 pp.
- Gómez-Pompa, M. 1963. El género *Agave*: Cactáceas y suculentas Mexicanas, México 8(1):3-28.
- Granados, S. D. 1993. Los agaves en México. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México. 252 p.
- IMPI: 2013. Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. Página en red: <http://www.impi.gob.mx/>; (consultada 18 septiembre, 2014).
- Ley de la Propiedad Industrial. Artículo 156 de la protección a la denominación de origen. Diario oficial de la federación del 27 de junio de 1991. Página en red: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/50.pdf>; (consultada 18 septiembre 2014).
- NOM: NOM-070-SCFI-1994. Norma Oficial Mexicana - Bebidas Alcohólicas -Mezcal-Especificaciones. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, Diario Oficial de la Federación 28 de noviembre de 1994. México, Distrito Federal, México.
- Pearson, K. 1901. On lines and planes of closets it to systems of points in space, philosophical Magazine 2: 559-572.
- SNICS. 2007. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Guía Técnica TG/Agave UPOV. Página en red: <http://www.sagarpa.gob.mx/snics/>; (consultada 18 septiembre, 2014).

The University of Nebraska–Lincoln does not discriminate based on gender, age, disability, race, color, religion, marital status, veteran’s status, national or ethnic origin, or sexual orientation.

La Universidad de Nebraska-Lincoln no discrimina por razones de género, edad, discapacidad, raza, color, religión, estado civil, condición de veterano, origen nacional o étnico, o la orientación sexual.



Contribuidores

Cuauhtémoc Araujo-Andrade
Nahara Ayala-Sánchez
Christian Elizabeth Bautista-Hernández
René Bernardo Elías Cabrera-Cruz
Jonatan Carbajal-Violante
Jorge Cadena-Iñiguez
Ana María Castagnino
Edgar León Esparza-Ibarra
Jorge Falcón-Ordaz
Luis García-Prieto
Sergio García-Ibáñez
Juan Carlos Gaytán-Oyarzún
Jaime Salvador Gil-Guerrero
Humberto González-González
Marco Antonio González-González
Irving Giovanni González-Salazar
Víctor Gutiérrez-Pacheco
Sarahi Hernández-Hernández
J. Santos Hernández-Zepeda
Miguel Ángel Islas-Santillán
Edvino Larumbe-Morán
Gladys Linares Fleites
Georgina Lira-Guerrero
Berenice N. López-Gutiérrez
Maritza López-Herrera
Rocío López-Velasco
Marco Antonio Marín-Castro

Miguel A. Melo-García
Scott Monks
Consuelo Montalvo-Marques
Branly Olivier-Salomé
Blanca Estela Pérez-Escandón
Amelia Portillo-López
Griselda Pulido-Flores
Tania Raymundo-Ojeda
Roxana Rico-Mora
Amado Erick Rodríguez-Ibarra
América Rodríguez-Herrera
Agustín A. Rojas-Herrera
Julio César Rolón-Aguilar
Leticia Romero-Bautista
Ana Yolanda Rosas-Acevedo
José Luis Rosas-Acevedo
Erich Dietmar Rössel-Kipping
Audel Sánchez-Infante
Virginia Silva-Díaz
Sonia Emilia Silva-Gómez
Irma Soria-Mercado
José Antonio Ticante Roldán
José Silvestre Toxtle-Tlamaní
Ricardo Valenzuela-Garza
Miguel Ángel Villavicencio-Nieto
Juan Violante-González



Cuerpo Académico de Uso, Manejo y Conservación de la Biodiversidad

Cover: *Escherbothrium molinae* Berman and Brooks, 1984 (Francisco Zaragoza-Tapia)

Zea Books
Lincoln, Nebraska

UNIVERSITY OF
Nebraska
Lincoln