

Informe final* del Proyecto NE012
Actualización de la información de las especies y subespecies de magueyes de Oaxaca, con énfasis en las especies mezcaleras

Responsable: Dr. Abisai Josue García Mendoza
Institución: Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Biología
Dirección: Av. Universidad # 3000, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México, 04510, México
Correo electrónico: abisai@ib.unam.mx
Teléfono/Fax: 5622 8991
Fecha de inicio: Abril 29, 2016.
Fecha de término: Julio 18, 2018.
Principales resultados: Base de datos, hojas de cálculo, fotografías, informe final
Forma de citar el informe final y otros resultados:** 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

Resumen:

México es el país con mayor diversidad de agaves a nivel mundial. De un total de 210 especies, México tiene 159, es decir el 75%, con 119 especies endémicas (García-Mendoza, 2011). Los agaves, magueyes o mezcales, como se les conoce, han sido aprovechados por el hombre americano durante miles de años, para la obtención de fibras, alimento, material de construcción, sustitutos del jabón, y sobre todo, bebidas alimenticias como el aguamiel, que una vez fermentado se convierte en pulque; o bien bebidas destiladas conocidas como mezcales.

En Oaxaca se distribuyen de forma natural 35 especies de Agave, cifra que representa el 22% del total nacional, ubicando a Oaxaca como el estado con mayor diversidad de magueyes en México. Las plantas, sus órganos y sus derivados son utilizados como alimento (botones florales, bases de las hojas, quiote), bebidas (aguamiel, pulque, yahui ndodo, mezcal), combustible (hojas, tallo, quiote), material de construcción (quiotes, hojas), cerco vivo (plantas), medicina (hojas, jugos), obtención de fibra (hojas), etc. Sin embargo, por diversas causas económicas y culturales, algunos de estos usos están por desaparecer, excepto, el de la obtención del mezcal, actividad económica cada vez más relevante en algunas regiones, pero con efectos notables sobre las poblaciones naturales, ya que la explotación intensiva de las mismas pone en riesgo a las especies e incluso podría llevarlas a la extinción (Delgado-Lemus et al. 2014).

Para la elaboración de bebidas destiladas (mezcal) se estima que se emplean 28 especies a nivel nacional, 14 se utilizan en términos comerciales, ocho se usan en forma local y seis más se emplean ocasionalmente (García-Mendoza, 2010), cifra que podría ser hasta de 50 especies según Colunga-GarcíaMarín, et al. (2007) y que se utilizan en 28 estados (Illsley Granich, 2010). Los magueyes mezcaleros se distribuyen principalmente hacia el occidente, centro y sur de México. En Oaxaca se emplean, por lo menos ocho especies y numerosos cultivares de los cuales no se ha hecho un inventario completo. Los cultivares se conservan en los huertos, a lo largo de los caminos, como cercas vivas, en terrenos erosionados o dentro de sus hábitats naturales. Algunas especies utilizadas para la elaboración de pulque, mezcal, fibras y alimentos han sido protegidas o manejadas por el hombre desde hace siglos, por lo que se han diferenciado morfológicamente, y son de difícil identificación taxonómica. En este proyecto se plantea hacer un catálogo de todas las especies de Agave, incluyendo aquellas útiles, principalmente para mezcal. Se enriquecerá la base de datos del SNIB con colectas hechas durante las últimas décadas, así como con recorridos de campo hacia aquellas áreas poco conocidas.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

INFORME FINAL

PROYECTO NE012: ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LAS ESPECIES Y SUBESPECIES DE MAGUEYES DE OAXACA, CON ÉNFASIS EN LAS ESPECIES MEZCALERAS.

INTRODUCCIÓN

El género *Agave* es el más diverso de la familia Agavaceae con ca. 200 especies. En México crecen 159 especies con 119 endémicas, cifra que representa el 74% del total (García-Mendoza, 2011). Se divide en dos subgéneros *Agave* que se distingue por sus inflorescencias paniculadas con las flores agrupadas en umbelas laterales y *Littaea* que presenta inflorescencias espiciformes o racemosas (Gentry, 1982). Es endémico de América, su distribución abarca desde el sur de Estados Unidos de América a Colombia y Venezuela, incluyendo las Antillas (García-Mendoza, 2002, 2004). Crece en zonas semiáridas, áridas y templadas, en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 3000 m (García-Mendoza, 2011); prosperan en ecosistemas de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio y bosques de *Pinus-Quercus*, principalmente.

Oaxaca, con 33 especies, es el estado con mayor diversidad de agaves en México, que representan el 22% del total de especies conocidas para el país. En la entidad, los agaves se distribuyen en casi todos distritos de Oaxaca, sin embargo, la Mixteca Alta, la Depresión del Balsas y los Valles Centrales, son las regiones que concentran el mayor número de especies (García-Mendoza, 2004).

Los agaves o magueyes son un grupo con una gran importancia etnobotánica por su diversidad y usos. Se conservan registros de su utilidad desde épocas prehispánicas, su importancia ha quedado registrada y documentada en códices, y vestigios arqueológicos hallados en cuevas, tumbas, así como, en crónicas y costumbres transmitidas de generación en generación. El uso y aprovechamiento de estas plantas data de hace 10 000 años, según hallazgos realizados por Flannery (1986) en la cueva de Guilá Naquitz, en las cercanías de Mitla, que muestran que los habitantes de esta área usaban los magueyes como fuente de alimento y fibra, pues en los contextos arqueológicos se han hallado bagazos de hojas mascadas, mecates y redes de ixtle.

La diversidad de especies, su distribución en el territorio mexicano, sus formas de crecimiento, la morfología de las plantas y el uso de todas sus partes (hojas, flores, tallos, pedúnculo floral, raíces) como alimento, medicina, material de construcción, combustible, obtención de bebidas (fermentadas y destiladas) y fibras le han merecido el nombre del “Árbol de las maravillas”.

El aprovechamiento de las especies de agaves abarca desde la recolección y aprovechamiento de plantas silvestres hasta el cultivo de variedades domesticadas, y la utilización de poblaciones con diferente grado de manejo y selección humana (García-Mendoza, 2004).

Actualmente, el aprovechamiento y uso de las especies del género *Agave* para la producción de mezcal, se ha convertido en una de las actividades productivas más importantes en el estado de Oaxaca, principalmente en los Valles Centrales y Sierra Sur, área conocida en la actualidad como la “Región del mezcal”. Se estima que en Oaxaca, para la producción de mezcal se utilizan por lo menos ocho especies silvestres y numerosos cultivares de los cuales no se ha realizado un inventario completo (Espinosa Paz, 2002; García-Mendoza com. pers. 2017). Otra de las actividades económicas que involucra el aprovechamiento de las plantas del maguey es la obtención de fibra (ixtle), usada para la elaboración de artículos domésticos y agrícolas, sin embargo, esta práctica está desapareciendo, las técnicas para la extracción y el proceso (secado, hilado) de las fibras son conocimientos que sólo conservan las personas mayores, en algunas localidades de la entidad, en algunos otros sitios solo se conserva una referencia vaga de esta actividad.

OBJETIVOS

Objetivo general

Reunir la información para elaborar un catálogo de los agaves de Oaxaca que incluya las especies silvestres y cultivadas, especialmente aquellos cultivares con los que se elabora mezcal.

Objetivos particulares

Actualizar la información taxonómica y geográfica de las especies y subespecies de *Agave* de Oaxaca, incluyendo los cultivares utilizados para elaborar mezcal.

Curar los registros de las especies de *Agave* de Oaxaca contenidos en la base de datos del SNIB.

Incrementar la base de datos del SNIB con 310 registros de *Agave* obtenidos del Herbario Nacional de México MEXU y recolectados en el medio silvestre.

Realizar tres salidas de campo para recolectar material vegetal, georreferenciación de poblaciones de *Agave* y registro de información sobre hábitat, distribución y uso de las especies.

Herborizado de 60 especímenes de *Agave* de Oaxaca, escasamente representados en las colecciones de herbario.

Registro de los cultivares tradicionales de las especies mezcaleras en el estado de Oaxaca.

Reunir la información para elaborar el Catálogo de las especies de *Agave* de Oaxaca.

MÉTODO

Trabajo de gabinete.

1. Revisión de bibliografía especializada sobre taxonomía, distribución, fenología conservación y uso de los agaves de Oaxaca; revisión de imágenes digitales a través de las páginas Web de las instituciones referidas en los registros de ejemplares incluidos en la tabla SNIB, proporcionada por la Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
2. Revisión y curación de los 932 registros de ejemplares contenidos en la tabla SNIB, proceso que involucra la revisión, actualización y validación de la información incluida en cada uno de los campos obligatorios en la tabla SNIB de la base de datos de *Agave*, corroborando la información disponible en las etiquetas de herbario, la revisión y análisis de los especímenes herborizados para verificar los datos incluidos en los campos de la tabla SNIB para cada uno de los registros. Además de georeferenciar los registros de ejemplares que conforman la tabla SNIB de la base de datos de *Agave*.
3. Captura de 310 nuevos registros de ejemplares de herbario y especímenes recolectados en el medio silvestre, comprometidos en el proyecto NE012, que incluye el registro de la información contenida en las etiquetas de herbario, correspondiente a los campos obligatorios establecidos para el proyecto NE012.
4. Determinación o validación taxonómica de los 932 registros de ejemplares contenidos en la tabla SNIB que conforman la base de datos de *Agave* del SNIB, y en su caso, la corrección del nombre científico y el nivel taxonómico (especie, subespecie, variedad).
5. Elaboración de las fichas técnicas de las especies del género *Agave* distribuidas en el estado de Oaxaca, mismas que incluirán el nombre científico, nombre común, diagnosis

morfológica, distribución, fenología, uso, estatus de riesgo y evaluación cualitativa de las poblaciones silvestres.

Trabajo de campo

1. Se realizaron las tres salidas de campo al estado de Oaxaca, comprometidas en el proyecto NE012, para la recolecta de ejemplares de herbario y registro fotográfico de las especies de *Agave* distribuidas en el estado, con énfasis en las especies utilizadas para la producción de mezcal en la entidad.
2. Herborizado de 60 nuevos especímenes de agave para el estado de Oaxaca. Todos etiquetados para su montaje e incorporación a las colecciones científicas del Herbario Nacional MEXU del Instituto de Biología de la UNAM, con duplicado para el herbario OAX.

RESULTADOS

1. Curación de la base de datos. Se revisaron los 932 registros del género *Agave* contenidos en la base de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB), proceso que incluyó la revisión, validación y actualización de la totalidad de la información contenida en cada uno de los campos de los registros de ejemplares y en su caso, se hicieron las correcciones pertinentes en materia de número de catálogo, número de colecta, colectores, fecha de recolecta, localidades (nombre de la localidad, municipio, distrito), georeferenciación y la curación del 100% de los registros de agaves de Oaxaca incluidos actualmente en la base de datos del SNIB. La información procede de las colecciones científicas de los herbarios: MEXU (Herbario Nacional de México), US (United States National Herbarium), ARIZ (Herbarium University of Arizona), ASU (Herbarium Arizona State University), MO (Herbarium Missouri Botanical Garden), TEX (Herbarium College of Natural Sciences, University of Texas, Austin), IEB (Instituto de Ecología, A. C., Centro Regional del Bajío), XAL (Instituto de Ecología, A. C., Xalapa) y JEO (Jardín Etnobotánico de Oaxaca).

Determinación o identificación. La curación de los registros de ejemplares que conforman la base de datos de *Agave* del SNIB y de los 388 registros de la tabla NE012 incluyó diversas actividades. La determinación taxonómica se realizó con base en la literatura especializada, la información morfológica recabada de los ejemplares recolectados, los datos geográficos, ecológicos y fenológicos de las especies y sus poblaciones silvestres y cultivadas.

Se realizó la curación del 100% de los registros de ejemplares contenidos en la tabla SNIB que incluyen información sobre número de colecta, nombre del colector y localidad de colecta, información de campo clave para hacer una identificación segura; en

consecuencia, aquellos registros de ejemplares que carecen de estos datos, no pudieron ser determinados ya que no se pudo establecer la correlación entre el ejemplar, el (los) colector (es), la localidad, la fecha de recolecta y la especie, con los ejemplares depositados en los herbarios revisados o las imágenes digitales de ejemplares de herbario disponibles en línea, estos registros aparecen con la leyenda “No visto”, en la tabla SNIB.

La identificación de los registros de ejemplares es un proceso que incluye la confirmación de los nombres científicos (género y especie) asignados a los especímenes herborizados o actualización taxonómica con el respaldo de literatura especializada, el estudio y la comparación cuidadosa del material de referencia o especímenes depositados en las colecciones científicas de los herbarios revisados y el uso de imágenes digitales. Además de la revisión exhaustiva de especies que pertenecen a un mismo grupo, muy cercanas entre sí y cuya semejanza (morfológica, fenológica y de hábitat), dificultan su reconocimiento. Para la determinación correcta de los agaves, no es suficiente el ver y medir un ejemplar de herbario, sino que es necesario conocer los ejemplares en floración en su hábitat natural y tomar muestras de todos sus órganos. Esto ha permitido entender el comportamiento de poblaciones vegetales que anteriormente se consideraba pertenecían a una sola especie y que ahora se consideran parte de varias especies, tal es el caso de *Agave potatorum* cuya revisión dio por resultado la separación de dos taxones más, o el conocimiento de campo permitió describir *Agave kavandivi*, o elevar el rango taxonómico de *Agave salmiana* subsp. *tehuacanensis*.

Durante los recorridos de campo, se herborizaron nuevos especímenes de poblaciones que se intuía podrían representar especies nuevas para la ciencia, confirmándose que existen dos de ellas que serán descritas en un futuro cercano. Los holotipos serán depositados en el herbario MEXU y los isotipos en los herbarios OAX, ENCB y MO, principalmente. Se solicita que la información de estos ejemplares sea restringida hasta su publicación.

El proceso de curación de los registros de ejemplares se efectuó de forma simultánea con el trabajo de corrección de la base de datos que incluyó la revisión y modificación de los nombres científicos de los especímenes mal determinados, eliminación de sinónimos o categorías infraespecíficas mal aplicadas, corrección del nombre de sitios o localidades de colecta, de los nombres de los colectores o grupos de colecta y determinadores, fechas de colecta y la georreferenciación de la totalidad de ejemplares con información de colecta. Además, se completaron los datos de la totalidad de los campos comprometidos en el proyecto NE012, para los registros de ejemplares de las tablas SNIB y NE012, y adicionalmente, se capturó la información disponible en las etiquetas de herbario

correspondiente a campos no obligatorios como hábitat, abundancia y fenología, entre otros.

La totalidad de la información contenida en los distintos campos de las tablas SNIB y NE012, fue actualizada y validada con base en los datos de la recolecta original contenidos en las etiquetas de herbario, las características observadas en los especímenes herborizados y publicaciones especializadas. Las modificaciones y actualizaciones taxonómicas de los registros de ejemplares contenidos en las tablas SNIB y NE012 fueron realizadas con base en la revisión de especímenes de herbario, el conocimiento taxonómico de las especies y la experiencia en campo.

Georeferenciación. Para los registros de ejemplares contenidos en la tabla SNIB, se respetó la información de las etiquetas de herbario cuando estuvo disponible, sin embargo, la gran mayoría de los ejemplares en esta tabla carecen del dato de origen, en virtud de ello, se efectuó la georeferenciación utilizando Google Map, de forma paralela se determinó la altitud del sitio de recolecta, y en su caso se realizaron los ajustes al momento de corroborar la ubicación geográfica de la localidad de recolecta registrada en la etiqueta de herbario.

Los datos de georeferenciación de la tabla NE012 provienen de las etiquetas de colecta, sin embargo, no es posible especificar el método, equipo y la precisión, del sistema de georeferenciación ya que cada colector usa su propio equipo y este tipo de información no está disponible en las etiquetas de herbario y no hay forma de conocerlos.

Captura de nuevos registros. Se cumplió al 100% el compromiso establecido para la captura de 250 nuevos registros de ejemplares de herbario. En la tabla NE012, se incluye un total de 388 nuevos registros de ejemplares que sirven para enriquecer la base de datos de *Agave* del SNIB con 322 nuevos registros de ejemplares procedentes de las colecciones científicas de los herbarios mexicanos MEXU (Herbario Nacional de México), OAX (Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional) y JEO (Colecciones Florísticas y Etnobotánicas de Oaxaca del Jardín Histórico Etnobotánico del Centro Cultural Santo Domingo) y 60 registros de ejemplares recolectados durante las salidas de campo efectuadas al estado de Oaxaca.

Los registros correspondientes a los ejemplares recolectados durante los años 2016 y 2017, carecen de número de catálogo, debido a que su montaje e ingreso a las colecciones científicas del Herbario Nacional de México, es un proceso que depende de los tiempos propios de la institución.

2. Salida de campo. Con base en lo establecido en los objetivos y términos de referencia establecidos para el proyecto NE012, se realizaron tres salidas de campo al estado de Oaxaca, en las que se visitaron distintas localidades donde se recolectaron 60 especímenes de herbario, dando con ello cumplimiento al 100% de los compromisos fijados en el Convenio.

Durante los recorridos de campo para la recolecta de especímenes de herbario, también se realizó el registro de información sobre la distribución de las poblaciones silvestres y cultivadas de *Agave*, su hábitat, su estado de conservación, nombres comunes y usos en los distritos de Coixtlahuaca, Cuicatlán, Ejutla, Huajuapán, Ixtlán, Miahuatlán, Ocotlán, Teposcolula, Tlacolula, Tlaxiaco, Villa Alta y Zimatlán, registrando localidades nuevas o escasamente colectadas.

Etiquetado. Se elaboraron las etiquetas de herbario de los 60 especímenes recolectados durante 2016-2017. Las etiquetas se elaboraron considerando la totalidad de especímenes herborizados para su inserción en el ejemplar correspondiente y su envío a montaje. Las etiquetas contienen el nombre del recolector y el número de colecta datos que relacionan de forma directa los especímenes y las etiquetas. Para aquellos especímenes que se compone de más de una parte (hojas, inflorescencia, etc.) o fragmento (hojas), cada una de éstas contiene etiquetas idénticas, considerando que son componentes de un mismo ejemplar o duplicado, tal es el caso de plantas de gran tamaño que tienen estructuras vegetativas (hojas, brácteas) o reproductivas (escapo, rama floral, etc.) muy grandes y que tienen que ser seccionadas en tantos componentes o partes como se requiera.

3. Fichas técnicas. Se dio cumplimiento al 100% del compromiso establecido para la elaboración de las fichas técnicas de las especies del género *Agave* que se distribuyen en el estado de Oaxaca. Se elaboraron 33 fichas técnicas que incluyen: Nombre científico, autoridad, nombre (s) común (es), descripción morfológica, comentario taxonómico en donde se mencionan las características que diferencian la especie de sus parientes más cercanos, distribución (por distritos), hábitat, fenología, uso (s), estado de conservación cualitativa y estatus de conservación de conformidad con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

Cabe señalar que durante el proceso de curación de los registros de ejemplares contenidos en las tablas SNIB y NE012, y con base en el estudio y la revisión de los ejemplares depositados en distintos herbarios nacionales y extranjeros, así como del trabajo de campo, se llegó a la conclusión que los especímenes de Oaxaca que estaban determinados como *Agave ghiesbreghtii*, en realidad corresponden a *A. convallis* y que el ejemplar *Agave pachycentra*, está mal determinado, ya que su nombre correcto es *A. seemanniana*.

4. Fotografías. Se entregan 330 fotografías que corresponden a 10 fotografías de cada una de las 33 especies que se distribuyen en Oaxaca y para las que se elaboraron las fichas técnicas. Las fotografías incluyen plantas completas, estructuras (hojas, dientes, espina terminal, flores, frutos, y el hábitat).

5. Conclusiones y recomendaciones

El conocimiento taxonómico de los agaves de Oaxaca se encuentra en un estado avanzado. El inventario de las especies silvestres ha sido alto, sin embargo, algunas aún están escasamente representadas en las colecciones, por lo que hace falta esperar que florezcan para herborizar ejemplares y tenerlas bien representadas y respaldadas en los herbarios, principalmente el Herbario Nacional MEXU.

El trabajar con la base de datos del SNIB permitió identificar aquellos registros duplicados, los que forman parte de una sola colecta y también considerar aquellos que no aportan información para su identificación, ya que están muy fragmentados, no se hallaron en los herbarios donde estarían supuestamente depositados o incluso pertenecen a otros géneros de plantas. Así de la base original proporcionada y constituida por 932 registros, se vio reducida a 764 de ellos.

Durante el desarrollo del presente proyecto NE012, se ingresaron 388 nuevos registros, que sumados a los 764 de la base del SNIB se tienen 1152 en total. Estas cifras aumentan considerablemente la información taxonómica, geográfica, ecológica y etnobotánica de los agaves del estado; sin embargo, aún quedan más de 200 ejemplares que esperan ser curados e ingresados al sistema para tener las accesiones completas. Esperamos que un futuro cercano pueda realizarse esta labor y así contar con el inventario completo, que una vez terminado, permitirá tener los mapas finales y así elaborar el catálogo y mapa impreso con la distribución de las especies.

Con respecto a los cultivares que los pobladores del estado utilizan para la elaboración del mezcal, se determinaron un buen número de ellos, pero faltan otros más, esto obedece a que no los dejan florecer y solo se cuenta con la información vegetativa de las plantas. Se hicieron tratos con algunos pobladores de que los dejen reproducirse, pero será durante el próximo año en que podrían verse resultados y así tener ejemplares completos para su estudio.

Los cultivares que se aprovechan provienen de terrenos de cultivo, orilla de caminos o cerca de las casas, sin embargo, muy pocos se están propagando y siempre a baja escala. La mayoría de ellos por hijuelos, ya que como no les permiten florecer no hay disponibilidad de semillas. En la actualidad el área de aprovechamiento de poblaciones silvestres se ha extendido a otras áreas geográficas del estado por la disminución de especímenes de tamaño comercial, lo que representa un grave riesgo para las especies

mezcaleras y sus poblaciones silvestres. En el caso de las especies que se extraen del medio silvestre, en algunas comunidades se han empezado a propagar en sombreaderos, invernaderos o al aire libre. En algunos sitios se están reintroduciendo ya a las áreas cercanas a los palenques o en las áreas boscosas donde ya habían desaparecido. Sin embargo, estos agaves estarán disponibles para la industria hasta dentro de cuatro-cinco años o más.

Durante los recorridos de campo se observaron plantaciones comerciales de *Agave angustifolia* (espadín) y en pequeña escala de *A. karwinskii*. Sin embargo se han comenzado a propagar otras especies como *A. potatorum*, *A. seemanniana*, *A. cupreata*, *A. americana* y *A. angustifolia*, en pequeñas superficies aledañas a los palenques o en los terrenos de cultivo cercanos a las poblaciones que son accesibles. En varios sitios se ha iniciado la propagación masiva por semillas, hijuelos o bulbilos (manitas), manteniéndose plántulas en invernaderos o cobertizos; sin embargo, la principal fuente de materia prima para la producción de mezcal, siguen siendo las poblaciones silvestres o protegidas a lo largo de caminos, borde de terrenos de cultivo o campos abandonados. De esta situación se excluye al maguey espadín del cual existen plantaciones comerciales.

El problema actual es que, ante la falta de materia prima en las poblaciones donde se ubican algunos palenques, se recurre a la compra de magueyes en localidades vecinas y cada vez más alejadas, lo que ha aumentado la extracción masiva en otras zonas del estado, incluso en aquellas donde la extracción de magueyes para la producción de mezcal no forma parte de sus tradiciones; o bien, se empieza a experimentar con especies que no se habían usado anteriormente para elaborar mezcal.

La sobreexplotación de las especies de *Agave*, además de provocar la disminución de las poblaciones silvestres, ocasiona la pérdida de servicios ecosistémicos de aprovisionamiento (alimento, fibras, combustible, material de construcción, medicina), de regulación (polinización, erosión, clima, agua), de sostenimiento (fotosíntesis, ciclo de nutrientes, formación de suelo) y culturales (paisaje, recreación), que afectan a las poblaciones humanas que habitan en las áreas de distribución de las plantas, también pone en riesgo el desarrollo de los procesos evolutivos por la destrucción del hábitat de numerosas especies de fauna silvestre que encuentran sitios de alimentación, refugio, descanso y reproducción en las plantas de maguey.

El mezcal producido se comercializa localmente debido a los costos de registro y pagos de impuestos a La Secretaría de Hacienda, además de los trámites y refrendos anuales de autorizaciones. La forma más común de comercializar el producto es vender el destilado a bajos precios a marcas que ya están establecidas en el mercado urbano y que cuentan con los permisos y autorizaciones respectivas.