

Fecha de recepción: 10-junio-2020

Fecha de aceptación: 28-julio-2020

SISTEMAS DE MANEJO DE MAGUEY PULQUERO EN MÉXICO

Gonzalo Daniel Álvarez-Ríos^{1*}, Carmen Julia Figueredo-Urbina² y Alejandro Casas¹

¹Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México, campus Morelia. Antigua Carretera a Pátzcuaro No.8701, col. Ex Hacienda de San José de la Huerta, C.P. 58190, Morelia, Mich., México.

²Cátedra CONACYT. Centro de Investigaciones Biológicas, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km 4.5, col. Carboneras, C.P. 42184, Mineral de la Reforma, Hgo., México.

*Correo: galvarez7393@gmail.com

RESUMEN

El pulque es una bebida fermentada elaborada con la savia de 46 taxa de *Agave*. Durante el siglo XIX y parte del XX la elaboración de pulque fue una de las actividades productivas más prósperas de México, no obstante, su éxito se desplomó debido a un entramado de factores políticos, económicos y ecológicos. Este trabajo evalúa el estado actual de cinco sistemas de manejo de maguey pulquero en México: 1) magueyeras extensivas (Tlaxcala), 2) magueyeras remanentes (Ciudad de México), 3) “*metepantles*” (Hidalgo), 4) magueyes lindero (Michoacán) y 5) manejo de magueyes silvestres (Puebla). Se realizaron en total 25 entrevistas semi-estructuradas a manejadores de maguey de cada sistema, recorridos en las parcelas e identificación de las especies y variedades utilizadas. Se construyó un índice de intensidad de manejo con 18 indicadores para comparar los sistemas. El sistema más intensificado es el de magueyeras extensivas, con una extracción diaria de 3,000 l de savia; el de menor intensidad es el manejo de magueyes silvestres donde se recolectan al día 30 l de savia de *Agave marmorata*. Se registraron 6 especies y 17 variedades tradicionales, la principal especie utilizada para producir pulque es *A. salmiana* var. *salmiana*, con 6 variedades tradicionales en cuatro de los sistemas. Ningún sistema maneja la reproducción sexual de los magueyes, lo que podría significar vulnerabilidad a plagas y enfermedades. Algunos sistemas se insertan en matrices de paisaje altamente transformadas, como las magueyeras remanentes y las extensivas, mientras que otros sistemas incorporan vegetación nativa como los “*metepantles*”. Los sistemas reflejan una alta diversidad específica e intraespecífica de agaves, de prácticas y conocimientos, que son expresiones de la agrobiodiversidad del país. El manejo de magueyes pulqueros es una actividad vigente en comunidades rurales y suburbanas de México, de gran importancia económica para las familias productoras.

PALABRAS CLAVE: *Agave*, bebidas fermentadas, conocimiento tradicional, agrobiodiversidad, patrimonio biocultural.

MANAGEMENT SYSTEMS OF AGAVE FOR PULQUE PRODUCTION IN MEXICO

ABSTRACT

Pulque is a fermented beverage elaborated with the sap of 46 taxa of *Agave*. Through the 19th and part of the 20th Centuries, the production of pulque was one of the most important productive activities in Mexico, however, its success went down due to a combination of political, economic and ecological factors. This work evaluates

the current status of five of the main management systems for pulque agave in Mexico: 1) extensive plantations (Tlaxcala), 2) agave remnants (Mexico City), 3) “*metepantles*” (Hidalgo), 4) edges of agave (Michoacán) and 5) management of wild agaves (Puebla). We conducted 25 semi-structured interviews, ethnobotanical walks and identification of the species and varieties with agave managers from each system. An index of management intensity was constructed with 18 indicators to compare the systems. The most intensified system is the extensive plantation, with a daily extraction of 3,000 l of sap, whereas the least system is the management of wild agaves (*Agave marmorata*) where the producers daily collected 30 l of sap. We found 6 *Agave* species and 17 traditional varieties. The main species used for pulque production is *A. salmiana* var. *salmiana*, with 6 traditional varieties in four of the systems. In none of the systems people manage sexual reproduction of agave, which could determine vulnerability of the cultivated plants to pests and diseases. Some systems are inserted into highly transformed landscape matrices, such as the agave remnants and extensive plantation, while other systems include native vegetation, as in “*metepantles*”. The differences between the systems reflect the diversity of agave varieties, practices and knowledge, an example of the agrobiodiversity of Mexico. The management of pulque agaves is a current activity in rural and suburban areas of Mexico, with economic importance for the producer households.

KEY WORDS: *Agave*, agrobiodiversity, biocultural heritage, fermented beverages, traditional knowledge.

INTRODUCCIÓN

El pulque es una bebida fermentada elaborada con la savia de diferentes especies del género *Agave*. Las especies más utilizadas para este propósito son *Agave salmiana* var. *salmiana* Otto ex Salm-Dyck y *A. mapisaga* Trel., sin embargo se ha reportado el uso de 46 taxa específicos e intraespecíficos del género para el consumo de savia y elaboración de pulque (Mora-López *et al.*, 2011; Colunga-GarcíaMarín *et al.*, 2017). En la actualidad, la producción y consumo de pulque está presente en 20 estados de México, exceptuando las zonas del norte y sureste (Álvarez-Ríos *et al.* 2020a; SIAP, 2020).

La elaboración del pulque inicia con el corte y remoción del meristemo apical del maguey (nombre común del género *Agave*), cuando el individuo está próximo a florecer. Después se escarba una oquedad a forma de olla, en donde manará y se acumulará la savia, la cual es dulce (entre 8 y 13 °Brix), de ahí su nombre popular de “aguamiel” (Romero-López *et al.*, 2015; Álvarez-Ríos *et al.*, 2020b). Diariamente se recolecta el aguamiel y enseguida se raspa la oquedad para evitar la cicatrización del tejido y asegurar así que continúe fluyendo la savia. Este procedimiento continúa durante algunos meses, dependiendo del tamaño del individuo,

hasta que el agave se seca y muere (Gentry, 1982). Con esta práctica se cancela la floración y la reproducción sexual de los agaves, al ser plantas monocárpicas, los humanos aprovechan los azúcares y nutrientes que estaban destinados al evento reproductivo del individuo (Gentry, 1982).

La savia colectada comienza a fermentar “espontáneamente” debido al metabolismo de microorganismos asociados a los agaves o que son incorporados al momento de la colecta, como bacterias ácido lácticas de los géneros *Lactobacillus* o *Leuconostoc* y levaduras como *Saccharomyces* (Escalante *et al.*, 2016). Estos transforman los azúcares de la savia en: 1) ácido láctico (0.3-0.9 gr/100 ml) tornando la bebida ácida (3.5-4.5 pH), 2) polímeros, incrementando la viscosidad del líquido y 3) alcohol, que oscila entre 2-7% (Ortiz-Basurto *et al.*, 2008, Álvarez-Ríos *et al.*, 2020b).

La fermentación “espontánea” se maneja en las unidades de producción de pulque, pero para acelerar y estandarizar el proceso de fermentación, los productores mezclan la savia recién colectada con un “pulque añejo”, una savia altamente fermentada, seleccionada como inóculo para elaborar el pulque (Escalante *et al.*, 2016). El inóculo contiene microorganismos que, al incorporarlos al

sustrato fresco, consumen rápidamente los azúcares de la savia, obteniendo así la bebida deseada. Los inóculos poseen un alto valor biocultural, pues son elaborados por los productores bajo sus propias recetas y contienen cepas particulares de microorganismos que le otorgan al pulque características específicas (Álvarez-Ríos *et al.*, 2020b).

Aprovechamiento y domesticación de los agaves. Los magueyes han sido utilizados por los pueblos mesoamericanos desde hace al menos 11 mil años (MacNeish, 1967). Su constante uso y manejo ha sometido a estas plantas a procesos de selección artificial, acentuando o disminuyendo características asociadas a la satisfacción de necesidades. Se han reportado 22 categorías de uso para los agaves (Colunga-GarcíaMarín *et al.*, 2017). Esto ha generado la domesticación de algunas especies, otras han permanecido sujetas a aprovechamiento por mucho tiempo sin que se incorporen procesos de selección humana, y otras más se han incorporado recientemente a sistemas de manejo y los signos de procesos selectivos son incipientes o aún imperceptibles (Colunga-GarcíaMarín *et al.*, 2017; Vázquez-Pérez *et al.*, 2020).

En los agaves que se usan para producir pulque, al menos 10 especies presentan signos de domesticación, siendo *A. salmiana* var. *salmiana*, *A. mapisaga* y *A. hookeri* Jacobi, los casos más claros y evaluados (Mora-López *et al.*, 2011; Colunga-GarcíaMarín *et al.*, 2017; Figueredo-Urbina *et al.*, 2017). Las principales características asociadas a la domesticación de agaves pulqueros son: 1) El gigantismo del individuo. Las variedades más intensamente manejadas tienen un gran tamaño, tanto del tallo como de las hojas, por ejemplo, variedades de *A. mapisaga* alcanzan 4 m de altura, lo que representa mayores rendimientos de savia producidos. 2) La reducción de mecanismos morfológicos y químicos de defensa. Variedades de *A. salmiana* var. *salmiana* poseen menor tamaño y cantidad de dientes laterales que sus parientes silvestres, *A. salmiana* subsp. *crassispina* (Trel.) Gentry, lo que permite manejarlos con mayor facilidad (Mora-López *et al.*, 2011; Colunga-GarcíaMarín *et al.*, 2017). Metabolitos secundarios contenidos en la savia, como las saponinas,

dificultan el manejo pues producen efectos urticantes al contacto (Leal-Díaz *et al.*, 2015; Sidana *et al.*, 2016). Se plantea que este mecanismo ha disminuido como resultado de la selección humana, al comparar niveles de saponinas en poblaciones cultivadas y silvestres de *A. inaequidens* Koch y *A. cupreata* Trel. & Berger, se identificó una reducción de estos compuestos en las poblaciones cultivadas (Figueredo-Urbina *et al.* 2018).

Los procesos de selección humana, combinados con adaptaciones locales y diferentes mecanismos evolutivos han dado como resultado una alta diversidad de variedades de agave con atributos diferentes. A estas variedades se le ha denominado etnotaxones, variedades locales o tradicionales, y el esclarecimiento de su origen e identidad taxonómica constituyen un gran reto desde el punto de vista taxonómico y agronómico, ya que pueden incluir variedades seleccionadas localmente, categorías infra-específicas no descritas o híbridos (Velásquez-Milla *et al.*, 2011; Álvarez-Ríos *et al.*, 2020a; Vázquez-Pérez *et al.*, 2020).

Se ha documentado la hibridación entre especies y entre variedades de una especie en los agaves, además, existe un elevado porcentaje de agaves alopoliploides generados por este proceso y un solapamiento de las fenologías de los progenitores y los híbridos (Gentry, 1967; Pinkava y Baker, 1985; Palomino *et al.*, 2007; 2012). Algunas variedades tradicionales podrían ser el resultado de eventos de hibridación, ya que poseen características morfológicas intermedias entre especies, algunas muestran bajo porcentaje de polen y semillas viables, e incluso presentan diversos citotipos poliploides (Palomino *et al.*, 2007; 2012; Figueredo-Urbina *et al.*, 2017; Álvarez-Ríos *et al.*, 2020a).

Las variedades tradicionales son reconocidas, nombradas, manejadas, propagadas y preservadas por los productores, están asociadas a usos y propósitos específicos, a espacios y al conocimiento local de culturas particulares, formando parte de la agrobiodiversidad de los sistemas manejados (Altieri y Toledo, 2011; Torres-García *et al.*, 2019). Se han reportado más de 60 variedades tradicionales de magueyes pulqueros (Mora-López *et al.*, 2011;

Reyes-Agüero *et al.*, 2019; Álvarez-Ríos *et al.* 2020a). Sin embargo, esta cifra podría ampliarse significativamente debido a los procesos generadores de diversidad que se han expuesto.

Los sistemas de manejo de maguey pulquero. La diversidad de agaves referida se encuentra dentro de los sistemas de manejo de maguey pulquero. Estos son espacios productivos que tienen al maguey como un elemento central, y están compuestos por: 1) las variedades tradicionales de agave, 2) el cúmulo de conocimientos y prácticas asociadas a la propagación, mantenimiento y aprovechamiento de las plantas, a la extracción y manejo de la savia para la elaboración del pulque, 3) las herramientas y espacios requeridos para llevar a cabo las actividades y 4) las personas encargadas del funcionamiento del sistema, como los “*tlachiqueros*” (del náhuatl *tlahchiqui* = raspar una cosa; Montemayor, 2009), quienes extraen el aguamiel de los magueyes, el “mayordomo”, quien elabora y cuida el inóculo para preparar pulque, las personas que propagan el maguey y los que venden el pulque.

Estos sistemas de manejo de maguey están presentes en México desde épocas prehispánicas. Se ha registrado que 3,000 años antes del presente (AP), durante el Preclásico Medio Mesoamericano, los grupos cazadores-recolectores de las tierras altas del centro-norte de Mesoamérica realizaban una recolección sistemática de agaves silvestres (Parsons y Darling, 2000). El aprovechamiento de los agaves fue un pilar de la subsistencia complementario al cultivo de granos. Raspadores de obsidiana hallados en cuevas y asentamientos de dicha región (fechados con una antigüedad de 2,300 AP), sugieren la frecuencia e importancia de la extracción de la savia para estos grupos (Goncalves de Lima, 1986; Fournier, 2007).

La continuidad del manejo de los agaves permitió desarrollar estrategias de aprovechamiento cada vez más sofisticadas. Los vestigios arqueológicos del Clásico Mesoamericano (2,100-1,000 AP) sugieren una estructura de los sistemas agrícolas alejados a las zonas habitacionales, comprendida por franjas de maguey

con cultivos anuales como maíz, frijol y calabaza (Evans, 1990). Además, se han registrado restos químicos de aguamiel y pulque en vasijas de cerámica (1,500 AP) halladas en complejos habitacionales de la ciudad de Teotihuacán (Estado de México) (Correa-Ascencio *et al.*, 2014; Robertson y Cabrera-Cortés, 2017). Este periodo histórico se caracteriza por una diferenciación entre los espacios destinados a la producción ubicados en la periferia y los espacios urbanos, a donde se trasladaban los alimentos para su almacenamiento y consumo (Evans, 1990; Parsons y Darling, 2010; Robertson y Cabrera-Cortés, 2017).

Las descripciones que plasmaron frailes y cronistas en los primeros años de la Nueva España, permitieron tener una estampa del aprovechamiento del maguey y del consumo del pulque previo al contacto con los europeos. El pulque tenía un significado ritual, su consumo y por lo tanto los estados de embriaguez, estaban reservados para ceremonias religiosas, festividades agrícolas y personajes de élite, su consumo no era cotidiano y se castigaba con severidad a quien lo bebiera fuera de los contextos establecidos (Sahagún, 1999). Durante el Virreinato, el pulque se desacralizó y su consumo incrementó entre los gremios populares y trabajadores. Ante la creciente demanda comienzan a especializarse los espacios productivos, conformándose las primeras plantaciones extensivas de maguey (Monterrubio, 2007; Rodríguez-Ramírez, 2018).

El cultivo de maguey pulquero tuvo gran auge a finales del siglo XIX e inicios del XX, cuando se consolidaron las haciendas del Altiplano Mexicano con extensas magueyerías y se distribuyó el pulque vía ferrocarril desde las localidades productoras a las urbes, siendo la Cd. de México el principal foco de consumo. Esto convirtió a la producción de pulque en una de las actividades productivas más prósperas del país (Ramírez-Rodríguez, 2018).

Sin embargo, en el transcurso del siglo XX su éxito y productividad se desplomaron debido a un entramado de factores políticos, económicos, culturales y ecológicos. Entre tales factores se encuentran la desarticulación de las grandes haciendas magueyerías por el reparto agrario

después de la Revolución Mexicana, la paulatina debacle de los sistemas agrícolas tradicionales, sustituyéndolos por agricultura industrializada y el reemplazo de actividades primarias a terciarias; además del desprestigio cultural hacia el pulque en sustitución por bebidas alcohólicas de “mayor prestigio”, principalmente la cerveza, lo que representó no solo prejuicios morales, sino legislaciones que dificultaron el manejo de pulque en el país, como el incremento de impuestos a la venta y producción de pulque y la eliminación de las licencias para abrir pulquerías en las ciudades desde 1954 (Warman 2001; El Tinacal, 2012; Katz y Lazos, 2017; Ramírez-Rodríguez, 2018). Esto ha generado una fuerte disminución de los sistemas de manejo de maguey pulquero. En 1930 existían en México 70 mil ha cultivadas con maguey pulquero, en 1970 se redujeron a 33 mil ha y en 2018 se reportan tan solo 11 mil ha (Narro-Robles *et al.*, 1992; SIAP, 2020).

A pesar de la debacle, los sistemas de manejo de maguey pulquero se mantienen presentes en varias regiones de México. Caracterizar su estado actual, las variedades de agave aprovechadas, las prácticas y las condiciones en las que operan, resulta crucial para la preservación y la redignificación de estos sistemas. Este trabajo analiza cinco sistemas de manejo de maguey pulquero que operan actualmente en México. En particular examina el tipo e intensidad de manejo al que se encuentran sujetos, se parte del supuesto que sistemas más intensificados presentan características como, reducción en la riqueza de variedades, mayor transformación de los espacios, mayor cantidad de plantas manejadas y de litros producidos. Con base en indicadores socio-ecológicos se analizan las similitudes y diferencias de los sistemas y se discuten las bases para su conservación, recuperación y aprovechamiento sustentable.

METODOLOGÍA

Área de estudio. Se estudiaron cinco sistemas de manejo en diferentes regiones de México: 1) Magueyeras extensivas, en el Rancho San Isidro (Nanacamilpa, Tlaxcala en 2014 y 2019), 2) Magueyeras remanentes, en San Mateo Tlaltenango (Cuajimalpa, Ciudad de México en 2014),

3) Metepantles, en el Rancho La Coyotera (Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo en 2019), 4) Magueyes lindero, en Santiago Undameo (Morelia, Michoacán en 2016 y 2017) y 5) Manejo de magueyes silvestres, en Zapotitlán Salinas y San Juan Raya (Zapotitlán, Puebla en 2018 y 2019) (Figura 1).

Caracterización de los sistemas. Se llevaron a cabo 25 entrevistas semiestructuradas a los manejadores (cinco en Tlaxcala, seis en Cd. de México, cuatro en Hidalgo, cinco en Michoacán, y cinco en Puebla), sobre los temas: 1) variedades tradicionales de maguey aprovechadas, 2) prácticas de manejo de maguey y savia, 3) condiciones de fermentación del pulque y 4) características de la comercialización. Se realizaron recorridos temáticos con los productores dentro de sus parcelas y espacios de trabajo para registrar las prácticas de manejo e identificar las variedades con las claves de Gentry (1982). Durante el recorrido, con el consentimiento de los productores, se tomaron fotografías y las coordenadas del sitio para obtener una imagen aérea con en el software Google Earth Pro. Se definieron 18 indicadores basados en el trabajo de Torres *et al.* (2015a) para caracterizar la intensidad del manejo de los sistemas (Tabla 1). Para cada indicador se estableció una escala del uno al cinco, asignando valores altos para características del sistema que implican una mayor intensidad de manejo. Se dividió la sumatoria de los valores de cada sistema entre el valor máximo potencial (90), generando un cociente que indica la intensidad de manejo del sistema, teniendo “1” como valor máximo. Para esta evaluación, se eligió a una unidad de producción representativa de cada tipo de sistema, de acuerdo con la disponibilidad de los productores para documentar a mayor profundidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Magueyeras extensivas. Este sistema de manejo de maguey pulquero predominó en las haciendas del centro de México durante el auge de la industria pulquera previo a la Revolución Mexicana (Monterrubio, 2007). Actualmente las magueyeras extensivas no pertenecen a haciendas, son propiedades privadas o comunales donde superficies extensas son cultivadas exclusiva o

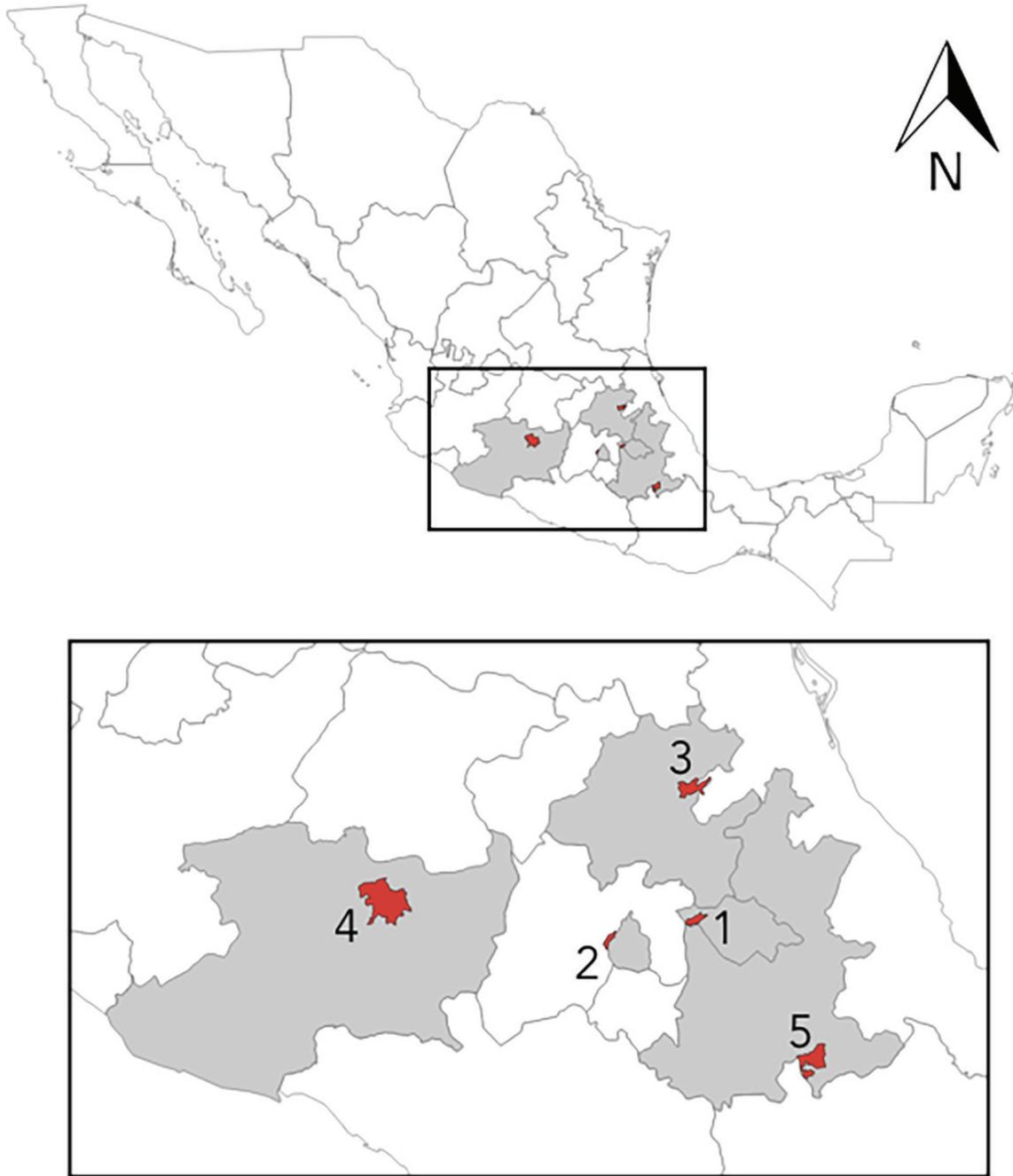


Figura 1. Ubicación de los sistemas de estudio. 1) Magueyeras extensivas en Nanacamilpa, Tlax. 2) Magueyeras remanentes en Cuajimalpa, Cd. de Méx. 3) Metepantles en Zacualtipán de Ángeles, Hgo. 4) Magueyes lindero en Morelia, Mich. y 5) Manejo de magueyes silvestres en Zapotitlán, Pue.

mayoritariamente con magueyes a una alta densidad, estos sistemas predominan en el centro de México (SIAP, 2020).

En el rancho San Isidro (Nanacamilpa, Tlax.) cuentan con 44 hectáreas de cultivo de maguey pulquero, en donde trabajan 60 personas (Figura 2A). Es una plantación

de amplia extensión y exclusiva de hileras de maguey con algunos árboles para dar sombra. Los magueyes se propagan por “hijuelos” (clones vegetativos que se forman del rizoma de individuos mayores) y están sembrados a dos metros entre sí, llegando a tener áreas con 2,500 individuos por ha (Figura 2B).

Tabla 1. Indicadores y valores de intensidad de manejo, basados en el trabajo de Torres *et al.*, 2015a.

INDICADOR/VALOR	1	2	3	4	5
Superficie (ha)	Menos de 2	2 a 10	11 a 20	21 a 30	Más de 30
% con magueyes	1 al 20	21 al 40	41 al 60	61 al 80	81 al 100
Transformación del paisaje	Sistema con vegetación nativa	Con vegetación nativa y cultivos	Con cultivos	Con algunos árboles	Solo agaves
Personas trabajando	1	2 a 4	5 a 12	12 a 20	Más de 20
Plantas en producción	Menos de 6	6 a 15	16 a 30	31 a 50	Más de 50
Uso de fertilizantes	Ninguno	Orgánicos ocasional	Orgánicos constantes	Orgánicos constante y sintéticos ocasional	Sintéticos constates
Variedades manejadas	Más de 10	7 a 10	4 a 6	2 a 3	1
Madurez de los agaves (años) para cosecha	Más de 14	12 a 14	9 a 11	7 a 8	Menos de 7
Tiempo (meses) de extracción de un individuo	2	3	4	5	6 o más
Instrumento de colecta	General	General y especializado de alta disponibilidad	Especializado de alta disponibilidad	General y especializado de baja disponibilidad	Especializado de baja disponibilidad
Transporte en colecta	Caminando	Caminando y en burro	En burro	En burro y en motocicleta	En motocicleta
Lugar de fermentación	Espacio compartido dentro del hogar	\	Espacio exclusivo dentro del hogar	\	Espacio exclusivo fuera del hogar
Material para fermentar	General	General y especializado de alta disponibilidad	Especializado de alta disponibilidad	General y especializado de baja disponibilidad	Especializado de baja disponibilidad
Cuidados del inóculo	Ninguno	Bajo	Intermedio	Alto	Muy alto
Tiempo de elaboración del pulque (horas después de colectar)	Menos de 1	1 a 4	5 a 11	De 12 a 24	Más de 24
Precio pulque (\$/litro)	Más de 30	21 a 30	16 a 20	10 a 15	Menos de 10
Producción (litros/día)	20	21 a 60	61 a 120	121 a 200	Más de 200
Escala de comercialización	Auto-consumo	Venta dentro de localidad	Venta a localidades vecinas	Venta a estados vecinos	Venta internacional

De este gran número de magueyes, se mantienen alrededor de 500 individuos en producción, de los cuales extraen entre 2,500 y 3,000 litros (l) de aguamiel al día. Cultivan cuatro variedades tradicionales: “chalqueño” (*A. salmiana* var. *salmiana*), “ayoteco” (*A. aff. salmiana* x *mapisaga*), “manso” (*A. salmiana* var. *salmiana*) y “púa larga” (*A. salmiana* var. *salmiana*) (ver detalles de las características de las variedades en la Tabla 2).

Los productores esperan de 12 a 14 años para aprovechar las variedades “chalqueño” y “ayoteco” y de 8 a 10 años para el “manso” y “púa larga”. El tiempo que un maguey se mantiene produciendo aguamiel varía de acuerdo con el tamaño de la planta, para los individuos más grandes oscila entre 5 y 7 meses, mientras que los de talla menor entre los 4 y 6 meses. Todos los magueyes comienzan produciendo un volumen reducido de aguamiel “*comienza dando un vasito*”, incrementando la cantidad con los

días, hasta llegar a un volumen máximo que depende de la variedad (Tabla 2), después el volumen de savia decrece paulatinamente hasta que deja de manar.

El aguamiel se colecta con “*acocotes*” (del náhuatl *atl* = agua, *cocohtli* = esófago, Montemayor, 2009) de fibra de vidrio. Este es un instrumento alargado y perforado de ambos extremos, que se introduce de un extremo en la cavidad del maguey y por el otro se succiona con la boca haciendo subir la savia, manteniéndola un momento dentro del acocote y después vaciándose en una cubeta. Colectada la savia, se transporta al “tinacal”, habitación amplia con diez tinas de fibra de vidrio con volúmenes entre 750-1,000 l cada una.

El proceso de elaboración de pulque inicia colocando en una tina 50 l de inóculo, que aquí llaman “semilla”, luego se agrega aguamiel fresca una vez por la mañana y otra por la tarde. Cuando la tina se llena se divide el líquido en dos partes pasando una mitad a otra tina, nuevamente ambas tinas se van llenando con aguamiel, cuando estas dos se llenan se dividen una vez más y vacían en otras dos tinas, así sucesivamente cada que se llena alguna tina (Figura 2C).

Transcurridas 72 horas de iniciado el proceso, con sus correspondientes vaciadas de aguamiel (dos por día), el pulque está “maduro” o “macizo”, es decir, en condiciones óptimas para su consumo. En ese momento adquiere su mejor sabor “*tú lo paladeas y no está dulce, no está empalagoso, tiene buena consistencia, está*

sabroso”. En este punto el pulque sale del tinacal para su comercialización.

El pulque de estos productores se vende a escala local en la comunidad a \$10 por litro, también a escala regional, distribuyendo a las pulquerías en la Cd. de México e internacional, vendiendo a EUA, Alemania y España, mediante su enlatadora de pulque. El proceso de enlatado consiste en pasteurizar la bebida, eliminando los microorganismos y frenando la fermentación. Después se mezcla con pulpa de fruta: piña, fresa o limón, o natural (sin mezclar), se llenan y sellan las latas. Estos productores exportan mensualmente 60 mil latas de 335 ml (20 mil l de pulque).

Magueyeras remanentes. La expansión urbana y la sustitución de las magueyeras a otros cultivos es un fenómeno con el se desarticulaban las grandes plantaciones magueyeras de principios del siglo XX, vestigios de estas grandes plantaciones son las pequeñas magueyeras que mantuvieron ejidatarios, comuneros y pequeños propietarios privados a lo largo de México.

Como ejemplo de estos sistemas tenemos a las magueyeras remanentes de la Cd. de México, en la localidad de San Mateo Tlaltenango, Cuajimalpa, donde entre la mancha urbana se encuentran pequeños espacios dedicados al cultivo de maguey pulquero (Figura 3A). Es común ver en los caminos o calles que conducen a estos remansos pulqueros “magueyes saltados”, es decir, magueyes que florecieron y que no fueron aprovecha-



Figura 2. Magueyera extensiva. A) Vista aérea del sistema, delimitando en rojo el área estudiada (Google Earth, 2019). B) Magueyera extensiva, nótese la alta densidad de plantas. C) Tina de fermentación del pulque, capacidad para 750 l dentro del tinacal. (Fotos: G.D. Álvarez-Ríos).

dos para la extracción de aguamiel. Estos espacios no superan la extensión de una hectárea, los agaves se propagan vegetativamente y se plantan en hileras separadas entre sí a 4 m (Figura 3B). Son manejados por unidades familiares o por empleados que contratan las personas para extraer el aguamiel (Figura 3C). Tienen alrededor de 15 magueyes en producción, extrayendo entre 60-80 l de aguamiel al día.

Las variedades con las que cuentan son: “chalqueño” (*A. salmiana* var. *salmiana*), “manso” (*A. salmiana* var. *salmiana*) y “mano larga” (*A. mapisaga*) (Ver Tabla 2).

Los productores aprovechan los agaves a los diez años y producen savia durante tres meses. La extracción de aguamiel se realiza dos veces al día (mañana y tarde) con un acocote elaborado con una botella de plástico de 2 l, la cual perforan en la base para poder succionar y en el extremo que introducen al agave fijan una manguera de plástico. La savia se lleva a pequeñas habitaciones en el domicilio de los vendedores, donde llevan a cabo la fermentación en cubetas de plástico de 25 l. Aquí el inóculo se llama “pie de pulque” y se mezcla diario con el aguamiel colectada, teniendo unas cubetas con “pulque suave”, es pulque más dulce con una proporción mayor de aguamiel que de “pie de pulque” y poco tiempo de fermentación (dos a tres horas) y otra con “pulque fuerte” que es un pulque con menos aguamiel, mayor cantidad de “pie” y mayor tiempo de fermentación (seis horas).

Los productores venden el pulque en su domicilio a \$25 por litro, donde los consumidores lo beben en sillas y bancas colocadas en los patios o lo piden para llevar.

Metepantles. Los metepantles (del náhuatl *metl* = agave, *pantli* = línea; Montemayor, 2009) son hileras de maguey cultivadas a contrapendiente para formar terrazas en un gradiente altitudinal, en las cuales se establecen cultivos anuales o se intercalan con vegetación nativa. Estos sistemas se encuentran en varias regiones de México, como Tlaxcala, Oaxaca e Hidalgo y son una práctica de manejo del paisaje para establecer cultivos en los territorios con orografía de pendiente y alta erosión (González-Jácome, 2016).

En el rancho La Coyotera (Zacualtipán de Ángeles, Hgo.), los agaves se plantan en hileras escalonando con la vegetación nativa, mezquites (*Prosopis* sp. L.), huizaches (*Vachellia farnesiana* (L.) Wight & Arn.) y garambullos (*Myrtillocactus geometrizans* (Mart. ex Pfeiff.) Console) formando los metepantles en una superficie de 20 ha (Figura 4A-B).

Los manejadores identifican un complejo de ocho variedades, la que se encuentra en mayor proporción es el “manso de zoqui” (*A. salmiana* var. *salmiana*), una variedad que trajeron de la localidad de Zoquizoquipan Hgo., seguido del “corriente” (*A. salmiana* subsp. *crassispina*), que es el agave silvestre de la región. Las variedades que se encuentran en menor proporción son “penca



Figura 3. Magueyera remanente. A) Vista aérea del sistema, delimitando en rojo el área estudiada (Google Earth, 2019). B) Filas de magueyes, “maguey manso” en primer plano. C) Oquedad del maguey con aguamiel previo a la extracción. (Fotos: G.D. Álvarez-Ríos).

ancha” (*A. aff. salmiana*), “púa larga” (*A. aff. salmiana*), “penca larga” (*A. aff. salmiana*), “espinas china” (*A. aff. salmiana* var. *ferox* (Koch) Gentry), “corriente cenizo” (*A. salmiana* subsp. *crassispina*) y “corriente colorado” (*A. salmiana* subsp. *crassispina*) (Ver Tabla 2).

Se aprovechan alrededor de 35 individuos simultáneamente, de los cuales extraen entre 30 y 100 l al día, dependiendo de la demanda que tengan de producto. Las plantas son aprovechadas a los ocho años y la colecta de aguamiel se realiza todos los días en la mañana y en la tarde con el acocote de botella de plástico y manguera (Figura 4C). Se lleva el aguamiel a un cuarto donde tienen el inóculo, llamado “pulque fuerte”, en un bote de plástico de 80 l. En otro bote van mezclando el aguamiel con el “pulque fuerte” para obtener el pulque. Después de la inoculación, se debe esperar al menos dos horas para que el pulque esté listo “*Si te lo tomas luego luego el pulque está crudo, sabe dulce, pero te revuelve la panza. Hay que esperar unas horas para que se ponga bueno*”.

El pulque se vende a \$10 por litro a escala local, cuando personas de la comunidad o de alguna comunidad vecina hace un pedido. En ocasiones transportan el pulque a ferias de productores en Pachuca, Tlaxcala o Cd. de México.

Aunque cuentan con abundantes agaves, la venta de aguamiel y pulque ha disminuido considerablemente en la región y al no venderlo el pulque se fermenta demasiado, se descompone y lo desechan, esto ha significado grandes pérdidas para los productores. Ante esto, han incursionado en la elaboración de un jarabe de aguamiel, hirviendo la savia y generando un jarabe concentrado, el cual envasan. Esta alternativa de aprovechamiento del aguamiel les permite extender la disponibilidad temporal del recurso y obtener ingresos económicos.

Magüeyes lindero. Dentro de los espacios productivos de muchas localidades rurales de México, los agaves se siembran para funcionar como cercas vivas: 1) alrededor de cultivos, para delimitar y proteger las parcelas, 2) formando pequeños parches de agaves, en espacios donde el terreno no es apto para el cultivo y se busca bloquear el acceso y 3) bordeando caminos donde transitan autos o los senderos que utilizan las personas (Torres-García *et al.*, 2019).

En Santiago Undameo, Mich., las familias de agricultores tienen parcelas con una extensión de dos a cuatro hectáreas, cultivan maíz, frijol, calabaza y pastorean ganado. En el perímetro de la parcela se encuentran los magüeyes, los cuales son propagados vegetativamente (Figura 5A-B).



Figura 4. Metepantles. A) Vista aérea del sistema, delimitado en rojo el área estudiada (Google Earth, 2019). B) Metepantles, nótese las hileras de magüey “mango de zoqui” a contrapendiente dentro de la vegetación nativa. C) Extracción de aguamiel, el acocote usado es ensamblado con una botella y manguera de plástico (Fotos: G.D. Álvarez-Ríos).

Las familias productoras manejan 20 plantas, extraen aguamiel dos veces al día con una taza y obtienen entre 30-60 l diariamente. Los magueyes son utilizados cuando han alcanzado diez años, las variedades son: “verde” (*A. salmiana* var. *salmiana*), “negro” (*A. salmiana* var. *salmiana*), “cenizo” (*A. aff. americana* L.) y “tarímbaro” (*A. mapisaga*), la cual debe su nombre a que fue traída de Tarímbaro, una localidad cercana (Ver Tabla 2). Cada individuo produce aguamiel durante 4 meses. (Álvarez-Ríos et al., 2020a).

Para beber la savia fresca o elaborar pulque, en esta localidad hierven por unos minutos el aguamiel. Esta práctica es poco común en México y los productores afirman que la savia se debe hervir, de lo contrario no es posible consumirla porque ocasiona “**carame**”, que es un efecto urticante al beber la savia: “*Si no se cuece la aguamiel pica, como cuando sacas la aguamiel y te raspa el maguey en el brazo y eso te da harta comezón, pues así pero en la boca. Si uno la hierva ya se le quita el carame y se puede tomar y queda sabroso el pulque*” (Figura 5C).

Hervida la savia, se enfría por tres horas si se hirvió en la mañana o toda la noche si se hizo en la tarde. Después de esto, la savia hervida se mezcla con el “pie de pulque” o “asiento” que es el pulque añejo que guardaron de la producción del día anterior. Tres horas después de la inoculación el pulque se puede consumir. La elaboración se lleva a cabo dentro de los

hogares en botes de plástico de 80 l. El litro de pulque se vende a \$25 en los domicilios de los productores o lo transportan a tianguis y mercados de la ciudad de Morelia (Álvarez-Ríos et al., 2020b).

Es necesario cuantificar la concentración de metabolitos secundarios, como las saponinas, en la savia y en los pulques, para evaluar el efecto del hervor en la disminución de estos compuestos y con ello la eliminación de la urticaria mencionada.

Manejo de magueyes silvestres. De los sistemas estudiados, la recolección y aprovechamiento de savia de magueyes silvestres representa el sistema de manejo más antiguo (Parsons y Darling, 2000). En las comunidades de Zapotitlán Salinas y de San Juan Raya (Zapotitlán, Pue.) elaboran pulque con el agave silvestre *A. marmorata* Roezl, llamado localmente “**pichomel**”, del náhuatl **pitzotl** = puerco, **metl** = agave, quizá maguey de puerco o maguey de jabalí, término que posiblemente hace alusión a lo áspero de sus hojas, comparándolo con la textura del pelaje de ese animal (Siméon, 1983, Ver Tabla 2).

Aquí el manejo de los agaves, a diferencia de los sistemas previamente descritos, no es exclusivamente por hijuelos, sino mediante 1) la recolección de savia de individuos en estado silvestre y 2) trasplante de individuos de estado silvestre a espacios manejados (Figura 6A). El trasplante es la práctica más frecuente, consiste en



Figura 5. Magueyes lindero. A) Vista aérea del sistema, delimitando en rojo el área estudiada (Google Earth, 2019). B) “Maguey tarímbaro” funcionando como lindero de una parcela con maíz (Foto: F. Pacheco-Torres). C) Hervido de aguamiel para elaborar pulque (Foto: L. Pérez-Volkow).

mover al maguey, generalmente en estado juvenil, a espacios productivos como los linderos en las parcelas (una superficie aproximada de 1.5 ha), o próximo a los hogares como en los patios de las casas, para que en los sitios de trasplante el maguey se desarrolle con mayores cuidados hasta que sea aprovechado (Figura 6B).

Estos magueyes silvestres alcanzan su madurez a los 12 o 15 años, producen aguamiel durante dos meses con volúmenes reducidos en comparación con agaves domesticados, un máximo de 1.5 l al día, aunque la mayoría solo dan un litro o medio litro al día. Los productores extraen savia de 35 individuos, produciendo entre 30-50 l al día.

La savia se colecta con acocote de *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl. o con una taza. Por el clima árido de la región, los productores procuran extraer tres veces al día (6 am-12 pm-4 pm) de lo contrario “*se agría el aguamiel y el pulque ya no sale bueno*”.

En esta región al inóculo le llaman “*nancle*” (del náhuatl *nantli* = madre, Siméon, 1983). El “*nancle*” lo mantienen en cubetas de plástico de 25 l en espacios frescos dentro de una habitación de los hogares, generalmente la cocina.

Todos los días al “*nancle*” se le agrega aguamiel recién colectada. Tres horas después el pulque está listo para consumirse, en este estado el pulque está “*tlachi*”: “*El pulque cuando está tlachi es el mejor momento para tomarlo, porque es cuando es medicinal, tiene todas las*

vitaminas y casi nada de alcohol, así lo recomiendan para la diabetes o el dolor de riñón”. Después de este tiempo el pulque se pone “fuerte”, es decir está más fermentado y menos dulce, a este estado ya no le atribuyen beneficios medicinales.

El pulque se comercializa dentro de la comunidad a \$10 l y a \$20 el l de aguamiel. Algunos productores aún utilizan “colambres” de chivo, que consisten en pieles curtidas y cosidas, como recipiente para transportar el pulque (Figura 6C).

Los productores comentaron que en la región se produce pulque con otras variedades de agave, como el “verde”, pero el “*pichomel*” es el agave más valorado, pues a percepción de los productores, su pulque es el más dulce y mantiene esa dulzura por más tiempo. Además de los efectos medicinales mencionados, también se usan las hojas asadas como antiséptico para heridas en la piel y aliviar dolores de pulmón o de riñón.

Gradiente de intensidad de los sistemas de manejo.

Los valores del índice de intensidad de manejo indican que el sistema más intensificado es el de magueyerías extensivas (0.89), seguido de metepantles (0.60), magueyerías remanentes (0.51), magueyes lindero (0.48) y por último manejo de magueyes silvestres (0.47) (Tabla 4 y Figura 7).

A través de las descripciones, el índice y el gráfico, hemos presentado un gradiente de la intensidad de



Figura 6. Manejo de magueyes silvestres. A) Vista aérea del sistema, delimitando en rojo el área estudiada (Google Earth, 2019). B) Pichomel trasplantado a las orillas de una parcela. C) Pulque almacenado y transportado en un colambre de chivo para su venta (Fotos: G.D. Álvarez-Ríos).

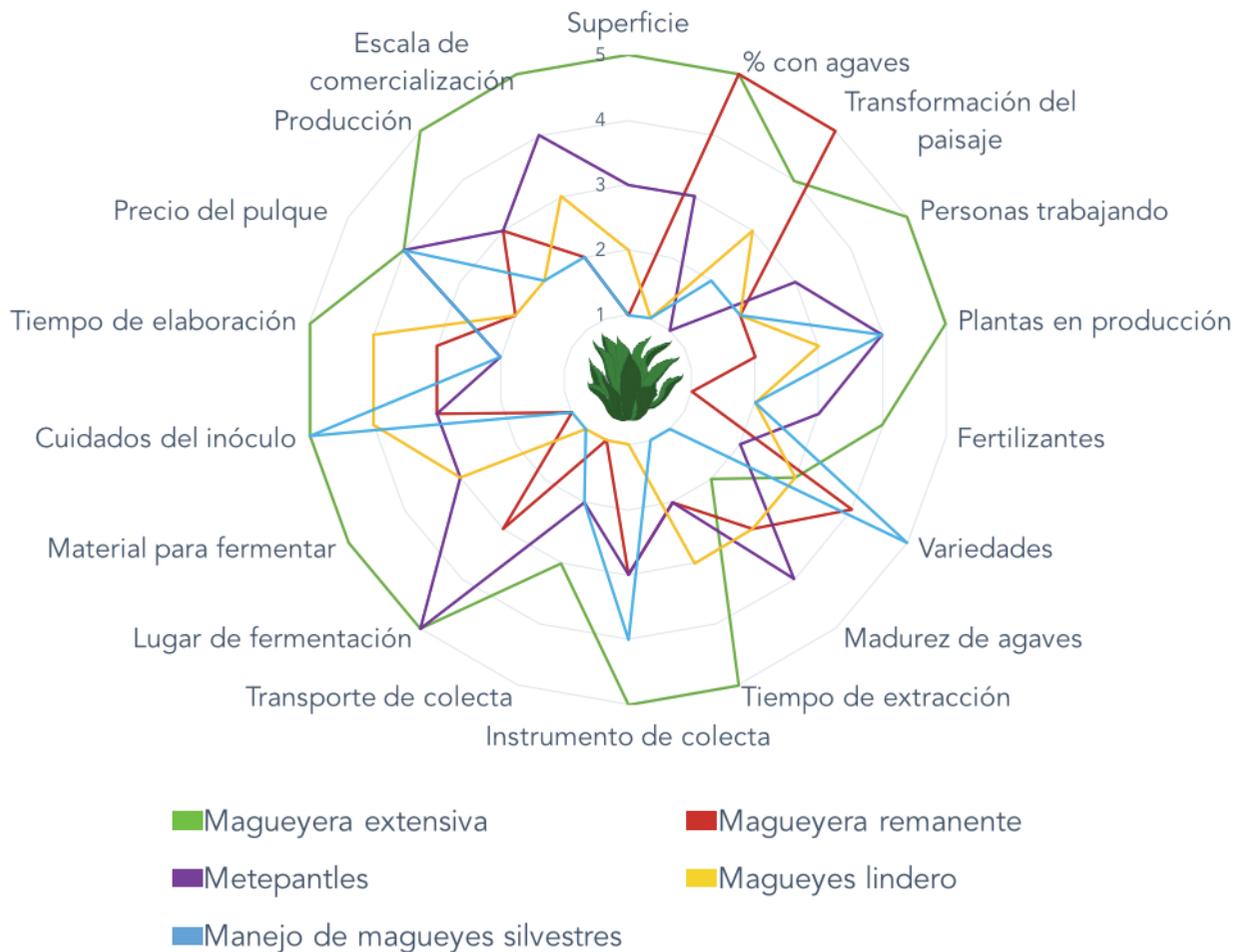


Figura 7. Gráfica radial con los indicadores de intensidad de manejo para los cinco sistemas estudiados.

manejo en los sistemas de manejo de maguey pulquero. Las magueyeras extensivas tienen la mayor superficie manejada, las variedades de agave con rendimientos de savia más altos y producen más pulque que el resto de los sistemas, lo que les permite comercializar su producto a diferentes escalas, local, regional e internacional. Álvarez-Duarte *et al.* (2018) documentó sistemas extensivos de maguey pulquero de 12 ha en Nanacamilpa y de 33.5 ha en Calpulalpan, Tlax. En contraparte, otras regiones se presentan sistemas de menor extensión, similares a las magueyeras lindero de Michoacán, como en Chignahuapan y Zacatlán (Pue.) con 2 ha o San José de los Molinos (Veracruz) con 5.7 ha y densidades bajas de 30 plantas por ha (Narváez-Suárez *et al.*, 2016; Álvarez-Duarte *et al.*, 2018).

Mientras que en el manejo de magueyes silvestres la intensidad es menor, hay prácticas de recolección y trasplante de individuos silvestres a parcelas de 1.5 ha, con rendimientos reducidos de savia por individuo y con un mercado exclusivamente local. Este tipo de sistemas se han reportado en otras comunidades del Valle de Tehuacán, como Santiago Acatepec y los Reyes Metzontla (Rivas-Castro, 2006; García-Valenzuela, 2011).

También es posible visualizar la diferente estructura de estos sistemas mediante imágenes aéreas. Se puede apreciar la reducida transformación del paisaje en el sistema de manejo de agaves silvestres donde pequeñas parcelas de cultivo se insertan en una superficie de vegetación conservada (Figura 6A). Los *metepantles* que hemos estudiado son sistemas con una reducida transformación

Tabla 2. Variedades tradicionales de maguey manejadas para elaborar pulque en los sistemas estudiados. El rango de altura, la calidad de la savia y los litros máximos que produce cada variedad en un día, se reportan de acuerdo a la información de los manejadores.

SISTEMA	VARIEDAD TRADICIONAL	NOMBRE CIENTÍFICO	ALTURA (RANGO EN M)	CALIDAD DE SAVIA	LITROS MÁX. AL DÍA
Magueyera extensiva	Chalqueño	<i>A. salmiana</i> var. <i>salmiana</i>	3-3.5	Muy buena	10
	Ayoteco	<i>A. aff. salmiana</i> x <i>mapisaga</i>	2.5-3	Buena	8
	Manso	<i>A. salmiana</i> var. <i>salmiana</i>	2-2.5	Buena	6
	Púa larga	<i>A. salmiana</i> var. <i>salmiana</i>	2-2.5	Buena	4
Magueyera remanente	Chalqueño	<i>A. salmiana</i> var. <i>salmiana</i>	2.5-3	Muy buena	6
	Manso	<i>A. salmiana</i> var. <i>salmiana</i>	2-2.5	Muy buena	4
	Mano larga	<i>A. mapisaga</i>	2.5-3	Buena	5
Metepantles	Manso de zoqui	<i>A. salmiana</i> var. <i>salmiana</i>	2-2.5	Muy buena	5
	Corriente	<i>A. salmiana</i> subsp. <i>crassispina</i>	1.5-2.5	Regular	2
	Corriente cenizo	<i>A. salmiana</i> subsp. <i>crassispina</i>	1.5-1.7	Regular	1.5
	Corriente colorado	<i>A. salmiana</i> subsp. <i>crassispina</i>	1.5-1.7	Regular	1.5
	Penca ancha	<i>A. aff. salmiana</i>	1.7-2.2	Buena	5
	Púa larga	<i>A. aff. salmiana</i>	2-2.5	Buena	4
	Penca larga	<i>A. aff. salmiana</i>	2-2.5	Buena	3
	Espina china	<i>A. aff. salmiana</i> var. <i>ferox</i>	1.5-2	Buena	2.5
Magueyes lindero	Verde	<i>A. salmiana</i> var. <i>salmiana</i>	2-2.5	Muy buena	3
	Negro	<i>A. salmiana</i> var. <i>salmiana</i>	2-2.5	Muy buena	3
	Tarímbaro	<i>A. mapisaga</i>	2.5-3	Buena	4
	Cenizo	<i>A. aff. americana</i>	1.5-2	Regular	2
Manejo de magueyes silvestres	Pichomel	<i>A. marmorata</i>	1.3-1.7	Muy buena	1.5

del paisaje, pues mantienen la vegetación nativa entre las líneas de maguey, no obstante, hay otras regiones donde los *metepantles* integran cultivos anuales y han generado transformaciones más intensas, retirando gran parte de la cobertura vegetal nativa (Pérez-Sánchez y Juan-Pérez, 2013; González-Jácome, 2016; Figura 4A).

Describimos otros sistemas con mayor nivel de transformación del paisaje como los magueyes lindero, en este caso, en una matriz agrícola los magueyes se distribuyen en los bordes de los caminos y propiedades (Figura 5A). Aún más intensivo, el sistema de magueyera extensiva presenta una superficie totalmente transformada y homogénea (Figura 2A) o el de las magueyeras remanentes donde hay una superficie cultivada (0.6 ha, la más pequeña reportada), inmersa en la Cd. de México (Figura 3A).

Reportamos sistemas con herramientas y espacios especializados, como en las magueyeras extensivas que cuentan con el tinacal, una construcción grande y exclusiva para la producción de pulque, además las herramientas, acocotes y tinas de fermentación, son de fibra de vidrio. Herramientas de materiales antiguos como el acocote de *Lagenaria siceraria* o colambres para almacenar pulque, son cada vez menos frecuentes en los sistemas de manejo. Solo los reportamos en el manejo de magueyes silvestres, en otras regiones han sido sustituidos por otros materiales de alta disponibilidad, como el acocote que se construye con materiales plásticos, una taza para coleccionar la savia o cubetas de plástico para almacenar el pulque (Álvarez-Duarte et al., 2018).

Otro indicador relevante es el número de variedades. Se

Tabla 3. Características principales de los sistemas de manejo estudiados.

CARACTERÍSTICA	MAGUEYERA EXTENSIVA	MAGUEYERA REMANENTE	METEPANTLES	MAGUEYES LINDERO	MANEJO DE MAGUEYES SILVESTRES
Extensión de terreno (ha)	44	0.6	20	3.5	1.5
Personas trabajando	60	3	5	3	3
Plantas en producción	500	15	35	20	35
Producción (litros/día)	3,000	60-80	30-100	30-60	30-50
Variedades	4	3	8	4	1
Instrumento para colectar	Acocote de fibra de vidrio	Acocote de botella y manguera	Acocote de botella y manguera	Taza	Acocote de <i>Lagenaria siceraria</i> o taza
Nombre del inóculo	Semilla	Pie de pulque	Pulque fuerte	Pie de pulque o Asiento	Nancle
Material para fermentar	Tina fibra de vidrio 1,000 l	Cubeta de plástico 25 l	Bote de plástico 80 l	Bote de plástico 80 l	Cubeta de plástico 25 l
Precio por litro pulque (\$)	10	25	10	25	10
Espacios de comercialización	Pulquerías Cd. de México y exportación	Domicilio productor	Domicilio productor y mercados regionales	Domicilio productor y mercados regionales	Domicilio productor

partió del supuesto que sistemas más intensificados presentarían una reducción en la riqueza de variedades aprovechadas, centrando su producción en pocas variedades o solo en una de ellas; mientras que sistemas con mayor riqueza de variedades tradicionales muestran sistemas menos intensificados. En los sistemas estudiados se cumple este supuesto, excepto en el sistema de manejo de magueyes silvestres, en el cual se maneja solo al “*pichomel*”. Esta situación genera ambivalencias con este indicador, pues es el sistema con el índice de intensidad más bajo y al ser una sola variedad de agave que se recolecta y trasplanta no supondría una intensidad de manejo elevada. Sin embargo, esta es una especie silvestre, cuyos individuos son extraídos del ecosistema, lo cual podría implicar riesgos para la integridad de las poblaciones de esta especie ante un incremento en la demanda, tanto para elaborar pulque como para producir mezcal.

Agave marmorata se está usando para elaborar mezcal en la región y esto es parte del “auge mezcalero”, en el cual agaves que anteriormente eran usados para pulque

u otros propósitos (como el caso de *A. inaequidens* en el Occidente de Michoacán) ahora son utilizados para elaborar mezcal, ya que se ha tornado una actividad más redituable económicamente, satisfaciendo la creciente demanda nacional e internacional de esta bebida destilada (Torres-García y Delgado-Lemus, 2019). Esta especie no está catalogada con algún nivel de riesgo (García-Mendoza et al., 2019), sin embargo, se ha documentado que las prácticas de extracción de individuos del medio silvestres afectan las dinámicas poblacionales de esta y otras especies de agave utilizadas para mezcal, disminuyendo la densidad, la fecundidad y el reclutamiento de individuos, con tendencias que podrían desencadenar en extinciones locales (Jiménez-Valdés et al., 2010; Torres et al., 2015b). Por ello, es necesario generar estrategias de manejo que integren a la extracción de individuos del medio silvestre, la colecta y germinación de semillas, la creación de viveros de agave, el establecimiento de plantas en cultivos o en el medio silvestre y el monitoreo de las poblaciones, para que las comunidades, como las de Zapotitlán, puedan seguir aprovechando

Tabla 4. Valores de indicadores e índice de intensidad de manejo de los sistemas estudiados.

INDICADOR	MAGUEYERA EXTENSIVA	MAGUEYERA REMANENTE	METEPANTLES	MAGUEYES LINDERO	MANEJO DE MAGUEYES SILVESTRES
Superficie (ha)	5	1	3	2	1
% con magueyes	5	5	3	1	1
Transformación del paisaje	4	5	1	3	2
Personas trabajando	5	2	3	2	2
Plantas en producción	5	2	4	3	4
Uso de fertilizantes	4	1	3	2	2
Variedades manejadas	3	4	2	3	5
Madurez de los agaves para cosecha	2	3	4	3	1
Tiempo de extracción de un individuo	5	2	2	3	1
Instrumento de colecta	5	3	3	1	4
Transporte en colecta	3	1	2	1	2
Lugar de fermentación	5	3	5	1	1
Material para fermentar	5	1	3	3	1
Cuidados del inóculo	5	3	3	4	5
Tiempo de elaboración de pulque	5	3	2	4	2
Precio pulque (\$/L)	4	2	4	2	4
Producción (L/día)	5	3	3	2	2
Escala de comercialización	5	2	4	3	2
Total	80	46	54	43	42
Índice de intensidad de manejo	0.89	0.51	0.60	0.48	0.47

el recurso agave sin poner en riesgo su integridad y la del ecosistema del cual forma parte (Illsley *et al.*, 2018).

En los sistemas estudiados se reportaron seis taxa, de los cuales dos son especies con claros signos de domesticación (*A. salmiana* var. *salmiana* y *A. mapisaga*) para estas se reportan las mayores alturas de la planta (hasta 3.5 m las variedades más grandes), además son las variedades que producen los mayores volúmenes de savia y se perciben como de superior calidad de savia (Tabla 2). Las tres especies silvestres (*A. salmiana* subsp. *crassispina*, *A. salmiana* var. *ferox* y *A. marmorata*) presentan menor tamaño (menor a 2 m), calidad de savia regular y producen volúmenes reducidos de savia. La excepción es *A. marmorata* que a pesar de producir poca savia (máximo 1.5 l al día) es la especie más valorada en el sistema de Puebla (Tabla 2).

Se reportaron 17 variedades tradicionales en total, seis se identificaron como *A. salmiana* var. *salmiana*, tres como *A. mapisaga*, tres como *A. salmiana* subsp. *crassispina*, una para *A. marmorata* y el resto posee una posible identidad de acuerdo a su morfología (aff.), aunque faltaría definirla con claridad, ya sea mediante la obtención de caracteres sexuales o mediante métodos genéticos. Estas variedades podrían representar híbridos entre especies. Se registraron nombres de variedades que se repiten entre sistemas, aunque con tamaños distintos (“chalqueño”, “manso” y “púa larga”). Si bien, las variedades pertenecen a un taxón, cada una posee ciertos atributos, los cuales pueden deberse a la combinación de condiciones ambientales en las que se desarrollan las plantas, y a los procesos selectivos que realizan los manejadores al propagar ciertas variedades y no otras. Las variedades tradicionales de maguey son parte de la agrobiodiversidad de las culturas mexicanas, el abanico de nombres y características demuestra

cómo los manejadores mediante un proceso consciente y dinámico van moldeando los agaves que prefieren y aprovechan.

En ningún sistema de manejo descrito se realizan prácticas explícitas para reproducir sexualmente los agaves. La forma de reproducción de los magueyes preponderante es a través de hijuelos de las plantas cultivadas, el cual permite que un genotipo con características deseables se mantenga por varias generaciones. Esto podría tener consecuencias a nivel de diversidad genética para algunos sistemas, pues en cultivos de agave se ha detectado una reducción en la diversidad genética, mayor estructura poblacional y bajo flujo de genes. Este hecho hace a las poblaciones y/o plantaciones de maguey muy vulnerables ante plagas o enfermedades. El caso más dramático es el del “agave azul” (*A. tequilana* Weber “Azul”), donde las plantaciones extensivas usadas para la producción de tequila en el occidente del país están conformadas sólo por clones con diversidad genética de cero (Trejo et al., 2018).

Para los magueyes pulqueros, los trabajos son escasos y se resumen a los realizados por Alfaro-Rojas et al. (2007) con seis variedades de *A. salmiana* var. *salmiana* y *A. mapisaga* del Altiplano Mexicano, empleando RAPDs registró baja diversidad genética (Diversidad genética de Nei $H = 0.03 - 0.12$) y flujo de genes ($Nm = 0.24$) y una elevada estructura ($G_{ST} = 0.68$). Para el caso de los magueyes pulqueros de Michoacán descritos en este trabajo, se emplearon microsatélites de núcleo, y obtuvieron valores de diversidad genética (H_E) que oscilaron entre 0.295 a 0.583 (Álvarez-Ríos et al., 2020a). También se ha reportado que la especie *A. hookeri*, usada para pulque en la Meseta Purhépecha en Michoacán, exhibe bajo nivel de diversidad genética ($H_E = 0.485$), comparado con el ancestro silvestre más probable (*A. inaequidens* $H_E = 0.704$), además posee una elevada estructura poblacional ($F_{ST} = 0.28$) (Figueredo-Urbina et al. 2017).

Poblaciones silvestres de *A. salmiana* subsp. *crassispinia*, aprovechadas para la producción de mezcal en San Luis Potosí (especie usada en el sistema de metepantles), mediante AFLPs muestran valores elevados de diversidad, $H_E = 0.403$ (Lara-Ávila et al., 2016).

Como se aprecia, la tendencia no es clara, si bien el uso de distintos marcadores moleculares puede tener un efecto en los valores reportados debido al grado de polimorfismo, al comparar las tendencias entre poblaciones silvestres y cultivadas, las especies usadas para pulque tienen valores bajos, más aún comparando las variedades cultivadas con su contraparte silvestre.

Desde otro punto de comparación, algunos sistemas de manejo son altamente diversos por el número de variedades que albergan. Existen prácticas importantes en los sistemas para el proceso de flujo de genes y el mantenimiento o aumento de la diversidad, estas son: 1) la introducción de variedades tradicionales de otros sitios (ej. “el manso de zoqui” o “el tarímbaro”), 2) el hecho que algunas plantas no aprovechadas desarrollen su inflorescencia, produzcan semillas y exista el reclutamiento de nuevas plantas, como en el caso de magueyerías remanentes o *metepantles*, que no se cosecha la totalidad de agaves contenidos en los sistemas y 3) los constantes trasplantes de individuos del medio silvestre a los cultivos. Estas prácticas son mantenidas en aquellos sistemas de baja intensidad de manejo, estas experiencias deben ser promovidas y adoptadas entre los manejadores de maguey como estrategias que a largo plazo permitirán el mantenimiento de la agrobiodiversidad de los agaves pulqueros. Mantener los niveles de diversidad genética en niveles no tan reducidos significa una estrategia de resiliencia ante futuras problemáticas de plagas o enfermedades.

La importancia del maguey y el pulque para las comunidades de México. El aguamiel y el pulque tiene un rol fundamental dentro de la dieta de las familias productoras pues son una importante fuente de aminoácidos, vitaminas B1, B2, B3 y C, hierro, fósforo, calcio y magnesio (Ortiz-Basurto et al., 2008; Romero-López et al., 2015).

En las comunidades rurales de México el acceso a alimentos depende en una proporción importante de lo que las familias producen. Además, en muchos de estos contextos las fuentes de agua potable no siempre son abundantes, por lo tanto, el pulque funge como un alimento y una bebida accesible y valiosa. En comu-

nidades rurales de Valle de Solís, Edo. Méx. y el Valle del Mezquital, Hgo. el pulque es la fuente principal de vitamina C, la tercera fuente de hierro, por debajo de tortillas y frijoles, además de aportar un porcentaje de la ingesta diaria de calcio, aminoácidos y otras vitaminas (Backstrand *et al.*, 2002; Fournier, 2007; Anderson *et al.*, 2009).

Sin ser esta una apología al consumo de bebidas alcohólicas, es necesario afirmar que el exceso en el consumo de pulque ocasiona problemas tanto a la salud de los consumidores, como a las relaciones familiares y sociales, problemáticas no exclusivas al consumo del pulque, sino al consumo excesivo de cualquier bebida alcohólica (Menéndez, 1991; Narro-Robles *et al.*, 1992). Por lo anterior y con la justa dimensión aquí expuesta, se considera que el consumo de aguamiel y el consumo moderado y responsable de pulque representan un importante aporte de nutrientes.

Además del valor nutricional, está el valor económico del pulque, muchas familias en las zonas productoras dependen de los ingresos generados de esta actividad. Para los productores con los que se realizó esta investigación, el pulque es un pilar de su economía, sin el cual no podrían solventar los gastos monetarios diarios. Valdría la pena ahondar en el porcentaje que la venta de pulque representa en los ingresos económicos de las familias; no obstante, con la información recabada en esta investigación es notoria la relevancia de la actividad, pues todos los productores dedican gran parte de sus horas de trabajo a esta actividad, y la reportan como una de las más importantes al denominarse a ellos mismos como pulqueros. Los sistemas de manejo de maguey pulquero tienen gran potencial como una estrategia de manejo de recursos, que contribuya a la soberanía alimentaria de las comunidades.

CONCLUSIONES

Los sistemas de manejo de maguey pulquero en México se desarrollan a diferentes escalas. Estos sistemas constituyen estrategias de manejo de recursos que se han transmitido por generaciones, pero no por ello se

muestran estáticas, han padecido el declive del pulque, lidiado y resistido a las fluctuaciones del mercado. Estos sistemas se han mostrados renuentes a desaparecer, son dinámicos e incorporan innovaciones en herramientas, prácticas y procesos, como el pulque enlatado o el jarabe de aguamiel.

El maguey y el pulque son importantes elementos de identidad, de milenaria tradición, importancia alimenticia y económica productiva para México, y a pesar de una tendencia a la baja, los sistemas de manejo de maguey pulquero se mantienen vigentes, funcionan porque aún son muchas las familias que tienen a los magueyes como sus medios de vida.

Con este trabajo se busca resaltar que no existe un solo tipo de pulque o un solo sistema de manejo pulquero sino una diversidad conformada por las variedades tradicionales manejadas, las diferentes prácticas de aprovechamiento del maguey y las condiciones de fermentación de la savia, lo que nos otorga una alta diversidad biocultural de pulques. Es necesario realizar estudios comparativos de las características físicas, químicas y microbiológicas de la bebida, pues a este nivel también encontramos un amplio espectro de condiciones que abonan a la heterogeneidad de la bebida.

AGRADECIMIENTOS

A las mujeres y hombres que nos abrieron las puertas de sus hogares y magueyerías, que con pulque en mano compartieron sus historias, nos permitieron aprender de ellos y escucharon nuestras inquietudes y recomendaciones. La información de este trabajo se generó con el consentimiento informado de todos los participantes. A los proyectos que financiaron esta investigación: “Evolución de recursos genéticos en los centros de domesticación de América: Origen, difusión y diversificación en Mesoamérica, los Andes y Amazonia”. CONACYT, Proyecto Ciencia Básica convocatoria 2018. Proyecto A1-S-14306; “Manejo y domesticación de agrobiodiversidad en Mesoamérica: Bases para la soberanía alimentaria sustentable”. Proyecto Agrobiodiversidad Mexicana, Comisión Nacional para el Conocimiento y

Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Proyecto RG023; “Manejo y domesticación de recursos genéticos en el Continente Americano: Mesoamérica, región andina y Amazonia PAPIIT, DGAPA, UNAM, Proyecto IN206520; y a la Red Temática del CONACYT “Productos Forestales No Maderables: aportes desde la etnobiología para su aprovechamiento sostenible”, Proyecto 293914.

LITERATURA CITADA

- Alfaro-Rojas, G., J.P. Legaria-Solano, J.E. Rodríguez-Pérez. 2007. Diversidad genética en poblaciones de agaves pulqueros (*Agave spp.*) del nororiente del Estado de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30(1).
- Altieri, M.A. y V.M. Toledo. 2011. The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *Journal of Peasant Studies*. 38: 3, 587–612. Doi: 10.1080/03066150.2011.582947
- Álvarez-Duarte, M.C., E. García-Moya, J. Suárez-Espinosa, M. Luna-Cavazos, M. Rodríguez-Acosta. 2018. Conocimiento tradicional, cultivo y aprovechamiento del maguey pulquero en los municipios de Puebla y Tlaxcala. *Polibotánica*, 45, 205-222. Doi: 10.18387/polibotanica.45.15
- Álvarez-Ríos, G.D., F. Pacheco-Torres, C.J. Figueredo-Urbina y A. Casas. 2020a. Management, morphological and genetic diversity of domesticated agaves in Michoacán, México. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 16:3. Doi: 10.1186/s13002-020-0353-9
- Álvarez-Ríos, G.D., C.J. Figueredo-Urbina y A. Casas. 2020b. Physical, Chemical, and Microbiological Characteristics of Pulque: Management of a Fermented Beverage in Michoacán, Mexico. *Foods* 9, 361. Doi:10.3390/foods9030361
- Anderson, R. K., J. Calvo, G. Serrano y G.C. Payne. 2009. Estudio del estado de nutrición y los hábitos alimentarios de comunidades otomíes en el Valle del Mezquital de México. *Salud Pública de México* 51, 4.
- Backstrand, J.R., L.H. Allen, A.K. Black, M. de Mata y G.H. Pelto. 2002. Diet and iron status of nonpregnant women in rural Central Mexico. *The American Journal of Clinical Nutrition* 76: 156–164. <https://doi.org/10.1093/ajcn/76.1.156>
- Colunga-GarcíaMarín, P., I. Torres-García, A. Casas, C.J. Figueredo Urbina, S. Rangel-Landa, A. Delgado-Lemus, O. Vargas, D. Cabrera-Toledo, D. Zizumbo-Villarreal y X. Aguirre-Dugua. 2017. Los agaves y las prácticas mesoamericanas de aprovechamiento, manejo y domesticación. En: Casas A., J. Torres-Guevara, F. Parra (Eds.). *Domesticación en el Continente Americano Vol. 2*. UNAM / UNALM. México.
- Correa-Ascencio, M., I.G. Robertson, O. Cabrera-Cortés, R. Cabrera-Castro y R.P. Evershed. 2014. Pulque production from fermented agave sap as a dietary supplement in Prehispanic Mesoamerica. *PNAS* 111: 14223–14228. Doi:10.1073/pnas.1408339111
- El Tinacal. 2012. *Los Recuerdos del Porvenir. Las Pulquerías de la Ciudad de México*. PACMyC, D.F. México.
- Escalante, A., D.R. López Soto, J.E. Velázquez Gutiérrez, M. Giles-Gómez, F. Bolívar y A. López-Munguía. 2016. Pulque, a Traditional Mexican Alcoholic Fermented Beverage: Historical, Microbiological, and Technical Aspects. *Frontiers in Microbiology* 7. Doi:10.3389/fmicb.2016.01026
- Evans, S.T. 1990. The Productivity of Maguey Terrace Agriculture in Central Mexico during the Aztec Period. *Latin America Antiquity* 1(2): 117–132.
- Figueredo-Urbina, C.J., A. Casas. y I. Torres-García. 2017. Morphological and genetic divergence between *Agave inaequidens*, *A. cupreata* and the domesticated *A. hookeri*. Analysis of their evolutionary relationships. *PLoS ONE* 12 (11). Doi: 10.1371/journal.pone.0187260
- Figueredo-Urbina, C.J., A. Casas, Y. Martínez-Díaz, L. Santos-Zea y J.A. Gutiérrez-Urbe. 2018. Domestication and saponins contents in a gradient of management intensity of agaves: *Agave cupreata*, *A. inaequidens* and *A. hookeri* in central Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution* 65: 1133–1146. Doi: 10.1007/s10722-017-0601-6
- Fournier, P. 2007. *Los hñāhñü del Valle del Mezquital: maguey, pulque y alfarería*. INAH. México.

- García-Mendoza, A.J., A. Casas, I. Torres-García y D. Sandoval-Gutiérrez. 2019. *Agave marmorata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019. Doi: 10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T115645745A116354098.en
- García-Valenzuela, M.A. 2011. *Etnoecología de los agaves (Agavaceae) en la comunidad ngiwa (popoloca) de los Reyes Metzontla, Puebla*. México. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Puebla, México.
- Gentry, H.S. 1967. Putative Hybrids in Agave. *Journal of Heredity* 58(1). Doi: 10.1093/oxfordjournals.jhered.a107536
- Gentry, H.S. 1982. *Agaves of Continental North America*. University of Arizona Press.
- Gonçalves de Lima, O. 1978. *El maguey y el pulque en los códices mexicanos*. FCE. México.
- González-Jácome, A., 2016. Sistemas agrícolas en orografías complejas: las terrazas de Tlaxcala. En: Moreno-Calles, A.I., A. Casas, V.M. Toledo y M. Vallejo (Eds.). *Etnoagroforestería en México*. ENES Morelia / IIES, UNAM. México.
- Illsley, C., I. Torres-García, J. Hernández, P. Morales, R. Varela, I. Ibáñez y H. Nava. 2018. *Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros forestales*. Grupo de Estudios Ambientales. México.
- Jiménez-Valdés, M., H. Godínez-Álvarez, J. Caballero y R. Lira. 2010. Population Dynamics of *Agave marmorata* Roetzl. under Two Contrasting Management Systems in Central Mexico. *Economic Botany* 64: 149–160. Doi: 10.1007/s12231-010-9117-0
- Katz, E. y E. Lazos. 2017. The rediscovery of native super-foods in Mexico. En: Sébastia B. (Ed.). *Eating Traditional Food: Politics, Identity and Practices*. Taylor & Francis.
- Lara-Ávila, J.P. y A.G. Alpuche-Solís. 2016. Análisis de la diversidad genética de agaves mezcaleros del centro de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 39(3): 323–330.
- Leal-Díaz, A.M., L. Santos-Zea, H. Martínez-Escobedo, D. Guajardo-Flores, J.A. Gutiérrez-Urbe y S.O. Serna-Saldívar. 2015. Effect of *Agave americana* and *Agave salmiana* Ripeness on Saponin Content from Aguamiel (Agave Sap). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63: 3924–3930. Doi: 10.1021/acs.jafc.5b00883
- MacNeish, R.S. 1969. A Summary of the Subsistence. En: Byers D.S. (Ed.). *The Prehistory of the Tehuacan Valley*. University of Texas Press.
- Menéndez, E.L. 1991. *Antropología del alcoholismo en México: los límites culturales de la economía política (1930-1979)*. CIESAS. México.
- Montemayor, C. 2009. *Diccionario del náhuatl en el español de México*. UNAM. México.
- Monterrubio, A.L. 2007. *Las Haciendas Pulqueras de México*. UNAM. México.
- Mora-López, J., J.A. Reyes-Agüero, J.L. Flores-Flores, B. Peña-Valdivia y R. Aguirre-Rivera. 2011. Variación morfológica y humanización de la sección Salmianae del género *Agave*. *Agrociencia* 45: 465-477.
- Narro-Robles, J., J.H. Gutiérrez-Avila, M. López-Cervantes, G. Borges y H. Rosovsky. 1992. La mortalidad por cirrosis hepática en México II. Exceso de mortalidad y consumo de pulque. *Salud Pública de México* 34: 388–405.
- Narváez-Suárez, A.U., M.A. Jiménez-Velázquez, T. Martínez-Saldaña y B. Cruz-Galindo. 2016. Maguey pulquero (*Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck): opción para desarrollo rural. *AgroProductividad* 9(10).
- Ortiz-Basurto, R.I., G. Pourcelly, T. Doco, P. Williams, M. Dornier y P. Belleville. 2008. Analysis of the Main Components of the Aguamiel Produced by the Maguey-Pulquero (*Agave mapisaga*) throughout the Harvest Period. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 3682–3687. Doi: 10.1021/jf072767h
- Palomino G., J. Martínez y I. Méndez. 2007. Variaciones inter e intra- específicas en especies de *Agave* determinadas por Citometría de flujo y análisis de sus cromosomas. En: Colunga-GarcíaMarín, P., A. Larqué-Saavedra, L. Eguarte, D. Zizumbo-Villarreal (Eds.). *En lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves*. CICY-CONACYT-CONABIO-INE.
- Palomino G., J. Martínez, V. Cepeda-Cornejo y E. Pimienta-Barrios. 2012. Nuclear genome size and cytotype analysis in *Agave cupreata* Trel. & Berger (*Agavaceae*). *Caryologia* 65:4.

- Parsons, J.R. y J.A. Darling. 2000. Maguey (*Agave* spp.) utilization in Mesoamerican civilization: a case for precolumbian pastoralism. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 66.
- Pérez-Sánchez, J.M. y J.I. Juan-Pérez. 2013. Caracterización y análisis de los sistemas de terrazas agrícolas en el valle de Toluca, México. *Agricultura Sociedad y Desarrollo* 10(4). Doi: 10.22231/asyd.v10i4.133
- Pinkava, D.J. y M.A. Baker. 1985. Chromosome and hybridization studies of Agaves. *Desert Plants* 7:93–100.
- Ramírez-Rodríguez, R. 2018. *La querrela por el pulque: auge y ocaso de una industria mexicana, 1890-1930*. El Colegio de Michoacán. Michoacán, México.
- Reyes-Agüero, J.A., B. Peña-Valdivia, R. Aguirre-Rivera, R. y J. Mora-López. 2019. Intraspecific variation of *Agave mapisaga* Trel. and *A. salmiana* Otto ex Salm-Dyck. (Asparagaceae) related to ancestral usages at the Hñähñu region in central Mexico. *Agrociencia* 53, 563–579.
- Rivas-Castro, R. 2006. La importancia del maguey como planta útil en dos comunidades ngí'wa del sureste de Puebla: Reyes Metzontla y Santiago Acatepec. En: De la Vega S. (Coord.). *La Alfarería en Los Reyes Metzontla: Pasado, presente y futuro*. INAH. México.
- Robertson, I. G. y M.O. Cabrera-Cortés. 2017. Teotihuacan pottery as evidence for subsistence practices involving maguey sap. *Archaeological and Anthropological Sciences* 9: 11–27. Doi: 10.1007/s12520-016-0415-z
- Romero-López, M.R., P. Osorio-Díaz, A. Flores-Morales, N. Robledo y R. Mora-Escobedo. 2015. Chemical composition, antioxidant capacity and prebiotic effect of aguamiel (*Agave atrovirens*) during in vitro fermentation. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 14(2): 281–292.
- Sahagún, F.B. de. 1999. *Historia general de las cosas de Nueva España*. Porrúa. México.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2020. *Estadística de Producción Agrícola*. Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_a.php
- Sidana, J., B. Singh y O.P. Sharma. 2016. Saponins of *Agave*: Chemistry and bioactivity. *Phytochemistry* 130: 22–46. Doi: 10.1016/j.phytochem.2016.06.010
- Siméon, R. 1983. *Diccionario de la lengua náhuatl o mexicana*. Siglo XXI. México.
- Torres, I., J. Blancas, A. León, A. Casas. 2015a. TEK, local perceptions of risk, and diversity of management practices of *Agave inaequidens* in Michoacán, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 11: 61. Doi: 10.1186/s13002-015-0043-1
- Torres, I., A. Casas, E. Vega, M. Martínez-Ramos. y A. Delgado-Lemus. 2015b. Population Dynamics and Sustainable Management of Mescal Agaves in Central Mexico: *Agave potatorum* in the Tehuacán-Cuicatlán Valley. *Economic Botany* 69: 26–41. Doi: 10.1007/s12231-014-9295-2
- Torres-García, I. y A. Delgado-Lemus. 2019. Diversidad de Agave: usos y riesgos en su aprovechamiento. En: *La Biodiversidad en Michoacán. Estudios de Estado 2, vol. III*. CONABIO. México.
- Torres-García, I., F.J. Rendón-Sandoval, J. Blancas, A. Casas y A.I. Moreno-Calles. 2019. The genus *Agave* in agroforestry systems of Mexico. *Botanical Sciences*. 97(3): 263–290. Doi: 10.17129/botsci.2202
- Trejo, L., V. Limones, G. Peña, E. Scheinvar, O. Vargas-Ponce, D. Zizumbo-Villarreal y P. Colunga-GarcíaMarín. 2018. Genetic variation and relationships among agaves related to the production of Tequila and Mezcal in Jalisco. *Industrial Crops & Products* 125:140–149. Doi: 10.1016/j.indcrop.2018.08.072
- Vázquez-Pérez, N., J. Blancas, I. Torres-García, A. García-Mendoza, A. Casas, A.I. Moreno-Calles, B. Maldonado-Almanza y B. Rendón-Aguilar. 2020. Conocimiento y manejo tradicional de *Agave karwinskii* en el sur de México. *Botanical Sciences* 98(2): 328–347. Doi: 10.17129/botsci.2421
- Velásquez-Milla, D., A. Casas, J. Torres-Guevara y A. Cruz-Soriano, A. 2011. Ecological and socio-cultural factors influencing in situ conservation of crop diversity by traditional Andean households in Peru. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 7: 40. Doi:10.1186/1746-4269-7-40
- Warman, A. 2001. *El campo mexicano en el Siglo XX*. FCE. México.