

INFRASPECIFIC VARIATION OF *Agave mapisaga* Trel. AND *A. salmiana* Otto ex Salm-Dyck. (ASPARAGACEAE) RELATED TO ANCESTRAL USAGES AT THE HÑÄHÑU REGION IN CENTRAL MEXICO

VARIACIÓN INTRAESPECÍFICA DE *Agave mapisaga* Trel. Y *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck. (ASPARAGACEAE) RELACIONADA CON LOS USOS ANCESTRALES EN LA REGIÓN HÑÄHÑU EN EL CENTRO DE MÉXICO

Juan A. Reyes-Agüero¹, Cecilia B. Peña-Valdivia^{2*}, Juan R. Aguirre-Rivera¹, Jorge L. Mora-López³

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Investigación de Zonas Desérticas. Altair Núm. 200, Fraccionamiento del Llano, San Luis Potosí, SLP. CP 78377. (reyesagüero@uaslp.mx). ²Colegio de Postgraduados. Posgrado en Botánica. km. 36.5 carretera México-Tezcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México, CP 56230. (cecilia@colpos.mx) (cecibetipv@gmail.com). ³Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales at the Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

ABSTRACT

The interaction between maguey (*Agave* spp.) and people in Mesoamerica has induced high diversity in the genus. Among several indigenous localities in Central Northern Mesoamerica, the Hñähñu and mestizo towns with Hñähñu culture preserve maguey's traditional use. The objective of this study was to document the maguey intraspecific variation of two *Agave* species (*A. mapisaga* Trel. and *A. salmiana* Otto ex Salm-Dyck.), for "pulque" production, at 12 localities in Central Mexico within the Hñähñu culture area, and to assess the relationship between the uses and maguey variants and to estimate the biocultural heritage of maguey. Our hypothesis was that current maguey variant richness at the central northern Mesoamerican region directly relates to the variety for its use, which have persisted since prehispanic times. The experimental design was completely randomized and included 12 localities from the Hñähñu and mestizo localities in central Mexico. Key informants (16) from six localities were interviewed and maguey variants collected, both, from wild and cultivated environments. A multivariate analysis classified the localities based on its maguey variants and according to their uses. The intraspecific variation of the pulque maguey includes six *A. mapisaga* variants and 19 from *A. salmiana*. There were 21 biological variants at the Hñähñu and 15 in the mestizo localities. *Agave salmiana* stands out for its highest variant richness (39 % of the biological variants). A half of the variants are exclusive to a single locality. The indicator variant of the mestizo localities is *ayoteco*, and those of the Hñähñu localities are *k'ank'uada* and *dämni*. The *Agave* variants were classified in six groups, the most

RESUMEN

La interacción entre el maguey (*Agave* spp.) y los humanos en Mesoamérica ha introducido gran diversidad en el género. Entre las localidades indígenas en el centro-norte de Mesoamérica, los pueblos hñähñu y mestizos con cultura hñähñu preservan usos tradicionales del maguey. El objetivo de este estudio fue documentar la variación intraespecífica de maguey, de dos especies de *Agave* (*A. mapisaga* Trel. y *A. salmiana* Otto ex Salm-Dyck.), para la producción de pulque, en 12 localidades del centro de México dentro de la cultura hñähñu, evaluar la relación entre los usos y las variantes de maguey y estimar el patrimonio biocultural del maguey en la región. Nuestra hipótesis fue que la riqueza actual de las variantes de maguey en la región centro-norte mesoamericana está directamente relacionada con su variedad de usos, la cual ha persistido desde la época prehispánica. El diseño experimental fue completamente aleatorio e incluyó 12 localidades hñähñu y mestiza en el centro de México. Informantes clave (16) en seis localidades se entrevistaron y se recolectaron variantes de maguey de ambientes silvestres y cultivados. Un análisis multivariado clasificó las localidades en función de sus variantes de maguey y usos. La variación intraespecífica del maguey para pulque incluyó seis variantes de *A. mapisaga* y 19 de *A. salmiana*. En las localidades hñähñu y mestizas hubo 21 y 15 variantes biológicas. *Agave salmiana* destaca por su riqueza de variantes (39 % de las variantes biológicas). La mitad de las variantes fueron exclusivas de una sola localidad. La variante indicadora de las localidades mestizas fue *ayoteco* y las de las localidades hñähñu son *k'ank'uada* y *dämni*. Las variantes de *Agave* se clasificaron en seis grupos, el más numeroso es para la producción de aguamiel, tallos florales, dulces, hojas para alimentos, construcción y medicina y como hospedador de larvas ("gusanos"). Dieciséis usos se registraron. La más utilizada es *A. salmiana*, le sigue *A. salmiana* ssp. *Crassispina* y *A. mapisaga*. Los

*Author for correspondence ♦ Autor responsable.

Received: April, 2018. Approved: March, 2019.

Published as ARTICLE in *Agrociencia* 53: 563-579. 2019.

numerous group for “aguamiel” production, flowering stalk as candy, leaves for food, construction and medicine and as host of larvae (“worms”). Sixteen uses were recorded. *Agave salmiana* is the most used, followed by *A. salmiana* ssp. *crassispina* and *A. mapisaga*. The most important current uses are: for obtaining aguamiel, forage, construction materials and substrate for red and white worms (*Aegiale hesperiaris* and *Hypopta agavis*).

Keywords: aguamiel, pulque, maguey, terraces, *Aegiale hesperiaris*, *Hypopta agavis*.

INTRODUCTION

The interaction between maguey (*Agave*) and humans in Mesoamerica during thousands of years has produced a high degree of diversity, as it is inferred from its 570 common names, assigned to the variants of 102 maguey species (Colunga *et al.*, 2007). In Mesoamerica, humans have used maguey as food for at least 9000 years (Callen, 1966). Parsons and Darling (2000) proposed that the initial development of agricultural production in Mesoamerica highly depended on maguey crops, which have historically been used as a complement to maize (*Zea mays* L.), common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) crops for nutrition. In fact, some maguey species were subjected to a humanization process that ended with a certain degree of domestication in *A. fourcroydes* Lem., *A. mapisaga* Trel., *A. salmiana* Otto ex Salm Dick, and *A. tequilana* F.A.C. Weber (Gonçalves, 1990; Colunga and May-Pat, 1997; Perales and Aguirre, 2008; Mora-López *et al.*, 2011).

By the Spanish Conquest, about 23 indigenous groups in Mexico, including Chichimeca, Cuicateca, Mexica, Mixteca, Otomi, Purepecha and Zapoteca, used maguey (Gentry, 1982; Fournier, 2007). Three stages in human consumption of the plants from this genus are identified: chewed as cooked food, as fermented beverages, and most recently as distilled beverages (Aguirre *et al.*, 2001; Colunga and Zizumbo, 2007). During the Pre-Colombian period magueys were used in Mesoamerica for their sap, which is named “aguamiel” (literally “honey water” in Spanish). Aguamiel is then fermented into “pulque”, followed by (in order of importance): textiles, apparel, different thicknesses cords, food (sweetener, syrup, vinegar, flower buds, and cooked immature flowering stalks), firewood and construction materials (Fournier, 2007).

usos actuales más importantes son para obtener aguamiel, forraje, materiales para construcción, y como sustrato para gusanos rojos y blancos (*Aegiale hesperiaris* e *Hypopta agavis*).

Palabras clave: aguamiel, pulque, maguey, terrazas, *Aegiale hesperiaris*, *Hypopta agavis*.

INTRODUCCIÓN

La interacción entre el maguey (*Agave*) y los humanos en Mesoamérica durante miles de años ha incrementado su diversidad, como se deduce de sus 570 nombres comunes, asignados a las variantes de 102 especies de maguey (Colunga *et al.*, 2007). Los humanos en Mesoamérica usaron al maguey como alimento durante al menos 9000 años (Callen, 1966). Parsons y Darling (2000) propusieron que el desarrollo inicial de la producción agrícola en Mesoamérica dependía en gran medida de los cultivos de maguey, que históricamente se han utilizado como complemento del maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) para la nutrición. De hecho, algunas especies de maguey pasaron por un proceso de humanización que terminó con un cierto grado de domesticación en *A. fourcroydes* Lem., *A. mapisaga* Trel., *A. salmiana* Otto ex Salm Dick y *A. tequilana* F.A.C. Weber (Gonçalves, 1990; Colunga y May-Pat, 1997; Perales y Aguirre, 2008; Mora-López *et al.*, 2011).

Al momento de la conquista española, alrededor de 23 grupos indígenas en México, incluyendo chichimeca, cuicateca, mexica, mixteca, otomí, purepecha y zapoteca, usaban maguey (Gentry, 1982; Fournier, 2007). Tres etapas se identifican para el consumo humano de las plantas de este género: masticadas como alimentos cocidos, como bebidas fermentadas y más recientemente, como bebidas destiladas (Aguirre *et al.*, 2001; Colunga y Zizumbo, 2007). Durante el período precolombino, los magueyes se usaron en Mesoamérica por su savia llamada aguamiel (literalmente “agua de miel” en español), esta es fermentada para producir “pulque” y además (en orden de importancia) para textiles, prendas de vestir, cordones con espesores variables, alimentos (edulcorante, jarabe, vinagre, capullos de flores y tallos florales inmaduros cocidos), leña y materiales para construcción (Fournier, 2007). De las 160 especies de maguey en México, 78 tienen 77 usos diferentes (García-Mendoza, 1998; Colunga *et al.*, 2007; Vela, 2014). A principios del siglo

From the 160 maguey species in Mexico, 78 of them have 77 different uses (García-Mendoza, 1998; Colunga *et al.*, 2007; Vela, 2014). At the beginning of the twentieth century, 250 000 ha in central Mexico produced about 1780 million L of pulque yearly (Sánchez-Marroquín, 1979; Blásquez and Blásquez, 1897; Parsons and Parsons, 1990; Ramírez, 2000). However, a hundred years later its consumption has decreased deeply (Álvarez-Duarte *et al.*, 2018). According with the INSP (2011), in 2010 pulque was consumed only by 4.4 % of the population.

The states of Hidalgo, Estado de México and Tlaxcala make up the central part of Northern Mesoamerica, in these states several indigenous localities persist, among them the *Hñāhñu* or *Otomi* and mestizos characterized by elements of the *Hñāhñu* culture. These keep traditional maguey uses (Parsons and Parsons, 1990; Parsons and Darling, 2000) and maintain a considerable richness of the maguey variants (Alfaro *et al.*, 2007; Mora-López *et al.*, 2011).

In the second half of the nineteenth century, only in the Apan, Hidalgo, there were 33 maguey variants, but aguamiel was extracted only from 24 of them, with just five variants commercially planted (Blásquez and Blásquez, 1870). These variants were cultivated in 278 pulque haciendas in this region, until roughly the mid-twentieth century (Segura, 1901; Ramírez, 2000). This is a good biocultural heritage example, that include knowledge, innovations, and practices of indigenous and mestizo localities that are collectively held and inextricably linked to, and shaped by, the socioecological context (Gavin *et al.*, 2015). However, part of this biocultural heritage has been lost and another part has been preserved. The case for Apan, by 1860 33 maguey variants were cultivated, but only six were recorded in the vicinity of this place (Alfaro *et al.*, 2007). However, outside of the Apan region a part of the variants of these species are still preserved. In this regard, Mora-López *et al.* (2011) recorded 20 *A. salmiana* variants and eight of *A. mapisaga* variants in 24 towns; most of them were found in 12 *Hñāhñu* and mestizo localities in the Hidalgo state, Estado de México and Tlaxcala state.

The objective of this study was to assess the current infraspecific variation of *A. salmiana* Otto ex Salm-Dyck. and *A. mapisaga* Trel. (Asparagaceae) related to ancestral usages at 12 localities in Central Mexico from the *Hñāhñu* culture and assess the recorded relationship between the uses and the maguey variants.

XX, 250 000 ha en el centro de México producían aproximadamente 1780 millones de L de pulque por año (Sánchez-Marroquín, 1979; Blásquez y Blásquez, 1897; Parsons y Parsons, 1990; Ramírez, 2000). Sin embargo, cien años más tarde su consumo ha disminuido profundamente (Álvarez-Duarte *et al.*, 2018). Según el INSP (2011), en 2010 solo 4.4 % de la población mexicana consumía pulque.

Los estados de Hidalgo, Estado de México y Tlaxcala son la parte central de Mesoamérica del norte. En estos estados persisten localidades indígenas, entre ellas hñāhñu u otomí y mestiza, como elementos que caracterizan a la cultura hñāhñu. En ellas se conservan los usos tradicionales del maguey (Parsons y Parsons, 1990; Parsons y Darling, 2000) y mantienen la riqueza de sus variantes (Alfaro *et al.*, 2007; Mora-López *et al.*, 2011).

Para la segunda mitad del siglo XIX, solo en Apan, Hidalgo, existían 33 variantes de maguey, pero el aguamiel se extraía de 24 de ellas y solo cinco variantes se plantaban con fines comerciales (Blásquez y Blásquez, 1870). Estas variantes se cultivaron en 278 haciendas de pulque en la región, hasta aproximadamente mediados del siglo XX (Segura, 1901; Ramírez, 2000). Este es un ejemplo de patrimonio biocultural que incluye el conocimiento, las innovaciones y las prácticas de las localidades indígenas y mestizas que se mantienen colectivamente y están vinculadas de forma inextricable al contexto socioecológico (Gavin *et al.*, 2015). Sin embargo, aunque parte de este patrimonio biocultural se ha perdido, otra parte se ha conservado. En el caso de Apan, en 1860 se cultivaban 33 variantes de maguey, pero solo seis se registraron en las proximidades de esta zona (Alfaro *et al.*, 2007). Sin embargo, fuera de la región de Apan se conserva una parte de las variantes de estas especies. En este sentido, Mora-López *et al.* (2011) registraron 20 variantes de *A. salmiana* y ocho de *A. mapisaga* en 24 localidades; la mayoría de ellas se encontraron en 12 localidades hñāhñu y mestiza en Hidalgo, el Estado de México y Tlaxcala.

El objetivo de este estudio fue evaluar la variación intraespecífica actual de *A. salmiana* Otto ex Salm-Dyck. y *A. mapisaga* Trel. (Asparagaceae) relacionada con sus usos ancestrales en 12 localidades de la cultura hñāhñu en el centro de México y documentar los usos y las variantes del maguey. Nuestra hipótesis fue que la riqueza actual de variantes biológicas del maguey de la región norte de Mesoamérica se relaciona directamente

Our hypothesis was that current biological variant richness of maguey from the northern Mesoamerican region directly relates to the variety of uses, which has persisted since prehispanic times.

MATERIALS AND METHODS

The study took place at six indigenous localities of the *Hñāhñu* people and at six highly *Hñāhñu* culture influenced mestizo localities in central Mexico (Figure 1). The study was conducted under a completely randomized experimental design, including 12 localities. The connection between people and maguey was based on the method by Aguirre (1983), which consists of preparing a list of the phenomena of interest, explaining

con la variedad de usos, que ha persistido desde la época prehispánica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en seis localidades indígenas del pueblo *hñāhñu* y seis culturas altamente *hñāhñu* que influyeron en las localidades mestizas en el centro de México (Figura 1). El estudio se realizó con un diseño experimental completamente al azar, que incluyó 12 localidades. La conexión entre la gente y el maguey se evaluó con el método propuesto por Aguirre (1983), que consiste en preparar una lista de los fenómenos de interés, explicarlos, organizar la información y preparar el informe final. Dieciséis habitantes clave, 10 *hñāhñu* y seis mestizos (50 años en

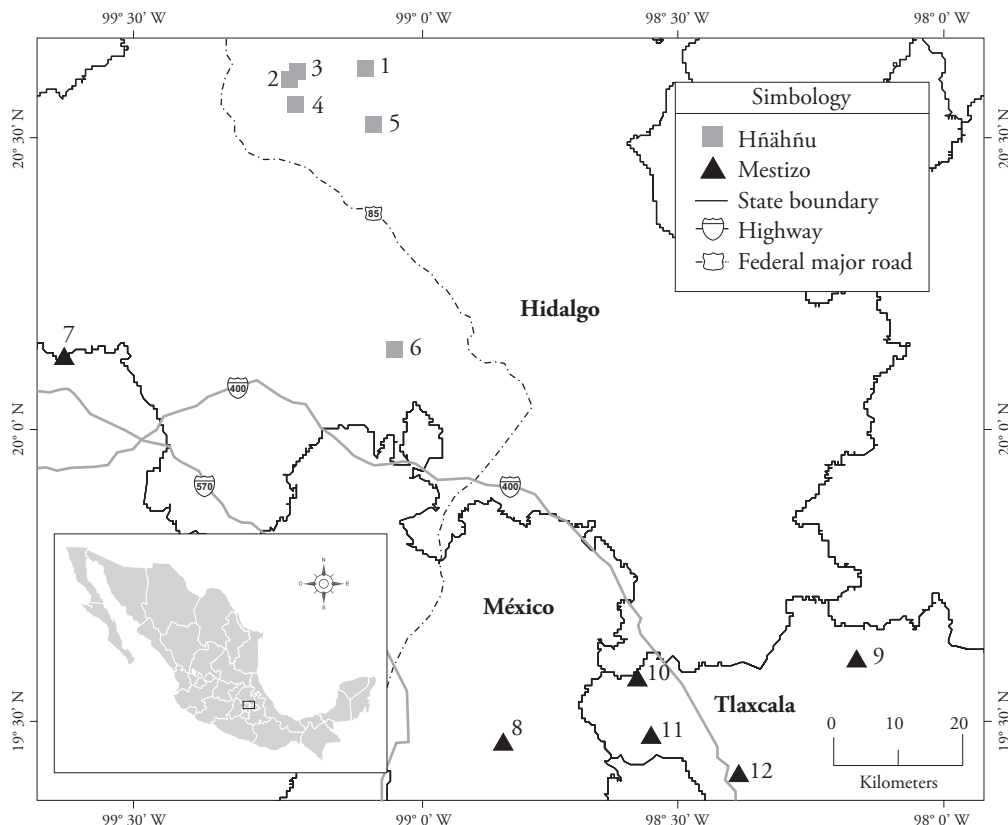


Figure 1. *Hñāhñu* and mestizo localities in central Mexico where *Agave mapisaga* and *A. salmiana* variants were collected (1 to 6 from Hidalgo, 7 and 8 from Estado de México and 9 to 12 from Tlaxcala). 1: San Miguel Tlazintla, Cardonal, 2: El Nandho, Ixmiquilpan, 3: Boxhuada, Ixmiquilpan, 4: Orizabita, Ixmiquilpan, 5: San Andrés Daboxtha, Cardonal, 6: Emiliano Zapata, Ajacuba, 7: San Lorenzo Nenamicoya, Jilotepec, 8: Tequexquihuac, Texcoco, 9: Hacienda Xochuca, Tlaxco, 10: San Mateo, Calpulalpan, 11: Rancho San Isidro, Nanacamilpa, and 12: La Constancia, Españaita.

Figura 1. Localidades *hñāhñu* y mestizas en el centro de México donde se recolectaron variantes de *Agave mapisaga* y *A. salmiana* (1 a 6 de Hidalgo, 7 y 8 de Estado de México y 9 a 12 de Tlaxcala). 1: San Miguel Tlazintla, Cardonal, 2: El Nandho, Ixmiquilpan, 3: Boxhuada, Ixmiquilpan, 4: Orizabita, Ixmiquilpan, 5: San Andrés Daboxtha, Cardonal, 6: Emiliano Zapata, Ajacuba, 7: San Lorenzo Nenamicoya, Jilotepec, 8: Tequexquihuac, Texcoco, 9: Hacienda Xochuca, Tlaxco, 10: San Mateo, Calpulalpan, 11: Rancho San Isidro, Nanacamilpa y 12: La Constancia, Españaita.

them, organizing the information and preparing the final report. Sixteen key inhabitants, 10 Hñähñu and six mestizo (50 years old average), were interviewed; the interviewed inhabitants were selected according with their reputation for best maguey cultivator (designated by their neighbors). At each locality, the informant quantity ranged from one to two. Maguey variants, wild landscape growing or cultivated were collected, unequivocally identified, and named by the interviewees. Thirty-six samples of *A. mapisaga* and *A. salmiana* variants were collected, including six individuals each. Herbarium specimens were prepared and identified following Gentry (1982). A study by Mora-López *et al.* (2011) confirmed morphological differences among the variants analyzed. Particular care was taken in establishing common name equivalency from variants between the several visited places, with cross-questioning to avoid repetition. According to Davidson-Hunt *et al.* (2012), an important part of biocultural diversity conservation is to preserve, together with the process, the indigenous languages; thus, plants nomenclature, objects and processes with their pronunciation in Hñähñu were recorded. Informants were asked to write out the words, and we verified following Hernández *et al.* (2010) recommendations. For the words not found in this document, advice was sought at the Hñähñu Documentation and Advisory Center at Ixmiquilpan, Hidalgo. Two multivariate analyses were run using Twinspan (McCune and Mefford, 1999). The first, in order to classify the localities based on the maguey variants present in them. The second, to classify the *Agave* cultivars based on its uses. For both purposes two presence-absence matrixes were prepared, one included localities and variants, and the other uses and variants.

RESULTS AND DISCUSSION

Agave diversity

The 36 samples represented 25 variants of maguey (*uada* in Hñähñu): six from *A. mapisaga* and 19 from *A. salmiana* (Table 1). The six *A. mapisaga* variants were only recorded at highly humanized environments, such as agricultural field boundaries, or terrace edges or ñu'ta (from Hñähñu). In those agricultural fields *Z. mays* L. (*dethä*), *P. vulgaris* L. (*ju*), *Hordeum vulgare* L. (*cebada*) or *Avena sativa* L. (*avena*) were also grown. Twenty-one variants were recorded at Hñähñu localities (58.4 % of the total). Only 15 variants were recorded at Hñähñu influenced mestizo localities; that is, on average more maguey variants at Hñähñu localities (3.5) than at the mestizo ones (2.5) (Table 1). From the former, four localities had one or two variants and two localities had seven and eight

promedio) se entrevistaron. Los entrevistados se seleccionaron por su reputación de cultivadores de maguey (designados por sus vecinos). En cada localidad, la cantidad de informantes fueron uno o dos. Variantes de maguey silvestres o cultivadas se recolectaron, identificaron inequívocamente y nombraron los entrevistados. Treinta y seis muestras de variantes de *A. mapisaga* y *A. salmiana*, seis individuos cada una, se recolectaron. Las muestras para herbario se prepararon e identificaron de acuerdo con Gentry (1982). Mora-López *et al.* (2011) confirmaron diferencias morfológicas entre las variantes analizadas. La equivalencia del nombre común de las variantes entre los lugares visitados se estableció con cuidado, con preguntas cruzadas para evitar la repetición. Según Davidson-Hunt *et al.* (2012), una parte de la conservación de la diversidad biocultural es preservar, junto con el proceso, las lenguas indígenas; así se registraron nomenclatura de plantas, objetos y procesos con su pronunciación en hñähñu. A los informantes se les pidió que escribieran las palabras, y las verificamos siguiendo las recomendaciones de Hernández *et al.* (2010). Para las palabras que no se encontraron en este documento, se solicitó asesoría en el Centro de Asesoramiento y Documentación Hñähñu en Ixmiquilpan, Hidalgo. Dos análisis multivariados se realizaron utilizando Twinspan (McCune y Mefford, 1999). El primero para clasificar las localidades en función de las variantes de maguey presentes en ellas. El segundo clasificó los cultivares de *Agave* en función de sus usos. Para ambos propósitos se prepararon matrices de presencia-ausencia, una incluyó localidades y variantes, y la otra usos y variantes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diversidad de *Agave*

Las 36 muestras representaron 25 variantes de maguey (*uada* en hñähñu): seis de *A. mapisaga* y 19 de *A. salmiana* (Cuadro 1). Las seis variantes de *A. mapisaga* solo se registraron en entornos altamente humanizados, como los límites de los campos agrícolas o los bordes de las terrazas o ñu'ta (en hñähñu). En esos campos agrícolas también se cultivan *Z. mays* L. (*dethä*), *P. vulgaris* L. (*ju*), *Hordeum vulgare* L. (*cebada*) o *Avena sativa* L. (*avena*). Veintiuna variantes se registraron en las localidades hñähñu (58.4 % del total). Solo 15 variantes se registraron en las localidades mestizas con influencia hñähñu; es decir, más variantes de maguey se encontraron en las localidades hñähñu (3.5) que en las mestizas (2.5) (Cuadro 1). Las primeras cuatro localidades tuvieron una o dos variantes y las otras dos tuvieron siete y ocho variantes, cada una. Cuatro de las localidades mestizas tuvieron solo una variante, una

variants, each. For mestizo localities, four had only one variant, one had five and another had six. The localities can be set apart by their variants composition. In fact, 52.7 % of the variants were exclusive to one locality. Two *A. mapisaga* variants, six *A. salmiana* variants and three *A. salmiana* ssp. *crassispina* variants were recorded only at *Hñähñu* localities. In contrast, two *A. mapisaga* variants, the only *A. mapisaga* var. *lisa* variant, four of *A. salmiana* and one of *A. salmiana* ssp. *crassispina* variants were only recorded at mestizo localities (Table 1).

The multivariate analysis with Twinspan required four levels to classify the 12 localities respect to their

cinco y otra seis. Las localidades pueden diferenciarse por la composición de sus variantes. De hecho, 52.7 % de las variantes eran exclusivas de una localidad. Dos variantes de *A. mapisaga*, seis de *A. salmiana* y tres *A. salmiana* ssp. *crassispina* se registraron solo en las localidades *hñähñu*. En contraste, dos variantes de *A. mapisaga*, la única variante de *A. mapisaga* var. *lisa*, cuatro de *A. salmiana* y una de *A. salmiana* ssp. *crassispina* solo se registraron en localidades mestizas (Cuadro 1).

El análisis multivariado con Twinspan requirió cuatro niveles para clasificar las 12 localidades con base en la diversidad de los magueyes. Las localida-

Table 1. *Agave mapisaga* and *A. salmiana* variants at *Hñähñu* and mestizo localities in central Mexico.

Cuadro 1. Variantes de *Agave mapisaga* y *A. salmiana* en localidades *hñähñu* y mestizas en el centro de México.

Scientific name	Common name	Origins*													
		<i>Hñähñu</i>						Mestizo							
		1	2	3	4	5	6	7	9	10	8	11	12	Σ	
<i>A. mapisaga</i>	<i>carrizo</i>											✓		1	
	<i>ma'ye</i>					✓								1	
	<i>mexicano</i>						✓							1	
	<i>penca larga</i>	✓			✓			✓						3	
	<i>sabililla</i>												✓	1	
<i>A. mapisaga</i> var. <i>lisa</i>	<i>morado</i>											✓		1	
<i>A. salmiana</i>	<i>amapola</i>							✓						1	
	<i>ayoteco</i>									✓	✓	✓		3	
	<i>chalqueño</i>											✓		1	
	<i>chino</i>	✓												1	
	<i>chino cenizo</i>	✓												1	
	<i>dāmni</i>			✓										1	
	<i>ithui grande</i>					✓								1	
	<i>hok'uada</i>	✓				✓								2	
	<i>k'ank'uada</i>		✓											1	
	<i>māx'o'uada</i>	✓				✓			✓			✓		4	
	<i>muda</i>							✓						1	
	<i>mutha</i>	✓												1	
	<i>púa larga</i>											✓		1	
<i>xamini</i>				✓	✓	✓							3		
<i>A. salmiana</i> spp. <i>crassispina</i>	<i>gääx'mini</i>	✓												1	
	<i>ithui chico</i>					✓								1	
	<i>verde</i>	✓						✓						2	
	<i>pico de gorrión</i>							✓						1	
	<i>xinye</i>					✓								1	
Richness by locality		8	1	1	2	7	2	5	1	1	1	6	1	36	

*Origins are as listed in Figure 1. ♦ *Los orígenes están enlistados en la Figura 1.

maguey diversity. The localities were grouped into mestizo, *Hñähñu* and mixed (Figure 2). The mestizo localities have *ayoteco* (*A. salmiana*) as indicator. At *Hñähñu* localities the indicators were *k'ank'uada* and *dämni* (both *A. salmiana* variants). In the intermediate group, which had the greatest richness, both types of localities were mixed, although the *Hñähñu* dominated; variant indicators for this group were *xamini* and *verde* (*A. salmiana* and *A. salmiana* ssp. *crassispina*, each) (Figure 2).

Mora-López *et al.* (2011) observed that *A. mapisaga* and *A. salmiana* are the most morphologically diverse among the eight species of Salmianae section of *Agave*. These species were found in environments with differing degrees of humanization, such as rangelands and commercial plantations, in *hñähñu* and mestizo localities. This is an example about how only from two biological species of *Agave*, the environment-human interaction increased their diversity to 25 variants (Davidson-Hunt, 2012; Gavin *et al.*, 2015). In contrast, Álvarez-Duarte *et al.* (2018) recorded only 10 variants in 19 localities at four municipalities in Puebla and Tlaxcala states (central and east-central Mexico). Mora-López *et al.* (2011) classified *A. mapisaga* as the most humanized from this maguey Section. The five variants of *A. salmiana* spp. *crassispina* were recorded on rangelands, and was rarely found in highly humanized environments. In contrast, the rangelands

des se agruparon en mestizas, *hñähñu* y mezcladas (Figura 2). Las localidades mestizas tuvieron como indicador a la variedad ayoteco (*A. salmiana*). En las localidades *hñähñu* los indicadores fueron *k'ank'uada* y *dämni* (ambas variantes de *A. salmiana*). En el grupo intermedio, con la mayor riqueza, los tipos de ambas localidades estaban mezclados, aunque los *hñähñu* dominaron; las variantes indicadoras para este grupo fueron *xamini* y *verde* (*A. salmiana* y *A. salmiana* ssp. *crassispina*, en cada caso) (Figura 2).

Mora-López *et al.* (2011) observaron que *A. mapisaga* y *A. salmiana* son las especies morfológicamente más diversas entre las ocho de la sección Salmianae de *Agave*. Estas especies se encontraron en ambientes con nivel de humanización diferente, como pastizales y plantaciones comerciales, en las localidades *hñähñu* y mestizas. Este es un ejemplo de como solo a partir de dos especies biológicas de *Agave*, la interacción entre el ambiente y el humano aumentó la diversidad a 25 variantes (Davidson-Hunt, 2012; Gavin *et al.*, 2015). En contraste, Álvarez-Duarte *et al.* (2018) registraron solo 10 variantes en 19 localidades en cuatro municipios en Puebla y Tlaxcala (centro y oriente central de México). Mora-López *et al.* (2011) clasificaron a *A. mapisaga* como la sección más humanizada de maguey. Las cinco variantes de *A. salmiana* spp. *crassispina* se registraron en los pastizales y rara vez se encontraron en ambientes altamente humanizados.

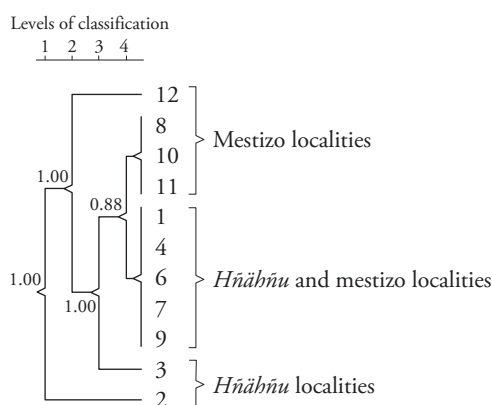


Figure 2. Classification of *Hñähñu* and mestizo localities based on traditional *Agave salmiana* and *A. mapisaga* variants in central Mexico. Localities numbers are mentioned in Figure 1 (numbers on branches are each division eigenvalues).

Figura 2. Clasificación de las localidades *Hñähñu* y mestizas basada en las variantes tradicionales de *Agave salmiana* y *A. mapisaga* en el centro de México. Los números de localidades se mencionan en la Figura 1 (los números en las ramas son los valores propios de cada división).

of Zacatecas-San Luis Potosí highland plateau had eight variants from this subspecies (Tello and García, 1988; Aguirre *et al.*, 2001; Mora-López *et al.*, 2011). The *A. mapisaga* variants richness in central Mexico was similar to that recorded for *A. fourcroydes* (three variants) in Yucatán (Colunga and May-Pat, 1997) and for *A. angustifolia* ssp. *tequilana* (three variants) in Jalisco (Valenzuela, 1997). However, the richness reported for *A. salmiana* can only be compared with that of *Opuntia albicarpa*, which has 34 cultivars across the entire Meridional Highland Plateau (Reyes-Agüero *et al.*, 2009). Parsons and Parsons (1990) and Ramsay (2004) recorded some of the common names in Hñähñu for the *A. salmiana* and *A. mapisaga* variants but only few of them had been assigned to a species, and rarely to infraspecific taxa.

Agave uses

Uses of maguey among Hñähñu localities were partially similar to those at mestizo locally. Sixteen uses were recorded as common, 13 of which were assigned to at least one of the 25 studied maguey variants. All the variants might be used for any of the recorded uses. However, consumer preference for some variants for certain uses depends on the availability. The most used variants were from *A. salmiana*. Most important uses, based on the quantity of variants were to obtain aguamiel (18 cultivars), forage (17) and to multiplication red worm *thenk'ue*, the moth larva of *Comadia redtenbacheri* Hamm (Cossidae) (seven variants). The variants with the fewest uses were for candy making, ornamental (three cultivars each) and for flowering stalk, *bo*, consumption (one variant). The *A. salmiana* variants with the highest number of uses were *hok'uada*, *xamini* and *mäx'o'uada* (nine uses for the first two and seven for the third); in contrast, three variants (*dämni* from *A. salmiana*, pico de gorrión and *xinye* from *A. salmiana* ssp. *crassispina*) were recorded with no specific, preferred or particular use.

Twinspan analysis classified the variants into five groups according to their uses (Figure 3). The first classification level included five variants with the highest aguamiel yields (one from *A. mapisaga* and four from *A. salmiana*); in the second level, two variants (both from *A. salmiana*) for leaves and flowering stalk used as construction materials, separated from the group. Among the third and fourth level the variants were separated in four groups: six variants for aguamiel

En contraste, los pastizales de la meseta de Zacatecas-San Luis Potosí presentaron ocho variantes de esta subespecie (Tello y García, 1988; Aguirre *et al.*, 2001; Mora-López *et al.*, 2011). La riqueza de variantes de *A. mapisaga* en el centro de México fue similar a la de *A. fourcroydes* (tres variantes) en Yucatán (Colunga y May-Pat, 1997) y *A. angustifolia* ssp. *tequilana* (tres variantes) en Jalisco (Valenzuela, 1997). Sin embargo, la riqueza de *A. salmiana* solo puede compararse con la de *Opuntia albicarpa*, que tiene 34 cultivares en la meseta meridional de tierras altas (Reyes-Agüero *et al.*, 2009). Parsons y Parsons (1990) y Ramsay (2004) registraron algunos de los nombres comunes de las variantes de *A. salmiana* y *A. mapisaga* en hñähñu, pero solo algunos de ellos habían sido asignados a una especie, y rara vez a taxa intraespecíficos.

Usos de Agave

Los usos del maguey entre las localidades hñähñu fueron parcialmente similares a las mestizas. Dieciséis usos se registraron como comunes, 13 de ellos se asignaron al menos a una de las 25 variantes estudiadas. Todas las variantes pueden utilizarse para cualquiera de los usos registrados. Sin embargo, la preferencia del consumidor por algunas variantes para ciertos usos depende de la disponibilidad. Las variantes más utilizadas fueron las de *A. salmiana*. Los usos más importantes, basados en la cantidad de variantes fueron: obtener aguamiel (18 cultivares), forraje (17) y multiplicación del gusano rojo *thenk'ue* y larvas de polilla *Comadia redtenbacheri* Hamm (Cossidae) (siete variantes). Las variantes con menos usos fueron para elaborar dulces, ornamentales (tres cultivares cada una) y para producción de tallos florales, *bo*, consumo por humanos (una variante). Las variantes de *A. salmiana* con el número mayor de usos fueron *hok'uada*, *xamini* y *mäx'o'uada* (nueve usos para las dos primeras y siete para la tercera); en contraste, se registraron tres variantes (*dämni* de *A. salmiana*, pico de gorrión y *xinye* de *A. salmiana* ssp. *crassispina*) sin un uso específico, preferido o particular.

El análisis de Twinspan clasificó las variantes en cinco grupos según sus usos (Figura 3). El primer nivel de clasificación incluyó cinco variantes con los rendimientos más altos de aguamiel (una de *A. mapisaga* y cuatro de *A. salmiana*); en el segundo nivel, dos variantes (ambas de *A. salmiana*) usadas para hojas y tallos florales como como materiales para

production with low yield, three for candy and red worm hosts, other three variants for construction and food leaves, medicinal and white worm host, the last two cultivars for food, construction and fiber leaves (Figure 3).

The 16 uses recorded are 20.8 % of the total recorded uses for this genus in Mexico (Vela, 2014); however, this percentage is only from two species, which represents 1.4 % of the Mexican *Agave* species. Álvarez-Duarte *et al.* (2018) recorded ten uses in ten variants from two species gathered in 19 municipalities at two central Mexican states. Among the records of uses, at least one of the principles of the biocultural approach to conservation was evident: the recognition that crop is dynamic, and this dynamism shapes the resource usage and conservation (Gavin *et al.*, 2015). Parsons and Parsons (1990), Tranfo (1990), Ramsay (2004), Fournier (2007) and Álvarez-Duarte *et al.*

construcción, se separaron del grupo. Entre el tercer y cuarto nivel, las variantes se separaron en cuatro grupos: seis variantes para la producción de aguamiel con bajo rendimiento, tres para dulce y hospederas de gusanos rojos, otras tres variantes para producir hojas para construcción y alimento, uso medicinal y hospederas de gusanos blancos, y las dos últimas variantes para hojas para alimento, construcción y fibra (Figura 3).

Los 16 usos registrados representan 20.8 % del total de usos registrados para este género en México (Vela, 2014); sin embargo, este porcentaje es solo de dos especies, lo que representa 1.4 % de las especies mexicanas de *Agave*. Álvarez-Duarte *et al.* (2018) registraron diez usos de diez variantes, de dos especies, recolectadas en 19 municipios en dos estados del centro de México. Entre los registros de usos, al menos uno de los principios del enfoque biocultural

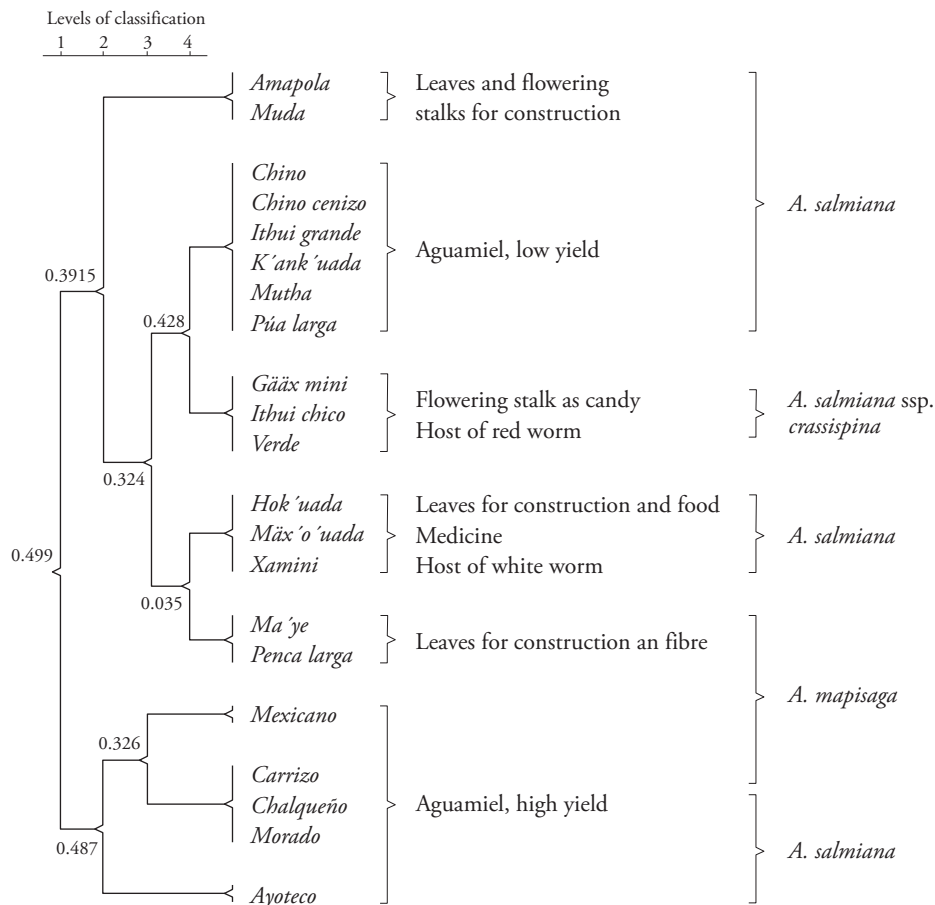


Figure 3. Classification of *Agave salmiana* and *A. mapisaga* variants based on their uses at central Mexico (numbers on or under branches are the eigenvalues of each division).

Figura 3. Clasificación de las variantes de *Agave salmiana* y *A. mapisaga* según sus usos en el centro de México (los números en o debajo de las ramas son los valores propios de cada división).

(2018) had already mentioned this diversity of uses, but were only generally assigned to *A. salmiana* or *A. mapisaga*, with only occasional mention of one of their variants.

Drinks

Obtaining aguamiel (*t'afi*) is the main usage of almost (75 %) all the variants, with the exception of two from *A. mapisaga*, one from *A. salmiana* and three from *A. salmiana* ssp. *crassispina*, owing to their low quality and aguamiel yield. In order to obtain aguamiel, *A. salmiana* (*hok'uada*, *k'ank'uada*, *mutha* and *xamini*) was the most appreciated, mainly because its quickly grow and reach maturity six to eight years after planted. *Agave mapisaga* have high aguamiel yield, but interviewees agreed that these species grow slowly, so it needs eight to ten years for maturity. The process to obtain aguamiel begins with the castration or braking (*téthui* o *e'thfi*) of a selected plant, which involves eliminating the meristem. The clipped maguey is then left to cicatrize for three or four days (localities 1, 4, 5 and 6), six (locality 9), or up to 12 to 16 weeks (locality 11). After the plant cicatrized, the aguamiel gatherer (*yafi*) can access the central part of the plant, and with a knife make a bowl (*ñampi*) in the stem. The gatherer scrapes the tissue with an *afi*, a forged oblong spoon, and a sharpened leading edge. The aguamiel is siphoned out of the *ñampi* with the mouth using a *mifii*, the dry pericarp of elongated *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl. with holes at both ends. The three mestizo localities started to substitute the *mifi* with plastic 2 L bottles.

Aguamiel is mostly collected from March to September and amount and quality are variable. The inter-seasonal variability in aguamiel yield, is largely observed. Dry season have advantages over wet seasons in terms of aguamiel yield and quality. During the first one it possible to obtain up to 10 L day⁻¹ per plant, with 16 °Brix, but during the wet season only 5 L d⁻¹ per plant, with 7 °Brix can be obtained. Yield also is dependent on plant size. Large plants, such as those of *max'ouada* (2.7 m high×4.1 m wide) and *mutha* (2.3 m×3.8 m) variants from *A. salmiana*, and *penca larga* (2.7 m×3.8 m) from *A. mapisaga* produce 8 to 10 L d⁻¹ per plant throughout the aguamiel collection period. But small plants, such as those of *hok'uada* (2.3 m×2.8 m), *amapola* (2.2 m×3.4 m), *chino cardonal* (2.0 m×3.0 m), *xamini* (2.0 m×3.1 m), *chino cenizo*

de la conservación fue evidente: el reconocimiento de que el cultivo es dinámico y este dinamismo conforma el uso y la conservación de los recursos (Gavin *et al.*, 2015). Parsons y Parsons (1990), Tranfo (1990), Ramsay (2004), Fournier (2007) y Álvarez-Duarte *et al.* (2018) han señalado esta diversidad de usos; pero, generalmente solo se asignaron a *A. salmiana* o *A. mapisaga*, con solo una mención ocasional de una de sus variantes.

Bebidas

La obtención de aguamiel (*t'afi*) es el principal uso de casi todas las variantes (75 %), con excepción de dos de *A. mapisaga*, una de *A. salmiana* y tres de *A. salmiana* ssp. *crassispina*, debido a su calidad y rendimiento de aguamiel bajos. Para obtener aguamiel *A. salmiana* (*hok'uada*, *k'ank'uada*, *mutha* y *xamini*) fue la más apreciada, principalmente porque crece rápido y alcanza la madurez seis a ocho años después de la siembra. *Agave mapisaga* tiene rendimiento alto de aguamiel, pero los entrevistados acordaron que estas especies crecen lentamente, ya que necesitan de ocho a diez años para la madurez. El proceso para obtener aguamiel comienza con la castración o el frenado (*téthui* o *e'thfi*) de una planta seleccionada, lo que implica eliminar el meristemo. El maguey recortado se deja cicatrizar durante 3 o 4 d (localidades 1, 4, 5 y 6), seis (localidad 9) o hasta 12 a 16 semanas (localidad 11). Después de que la planta se haya cicatrizado, el recolector de aguamiel (*yafi*) accede a la parte central de la planta y, con un cuchillo, hace un cuenco (*ñampi*) en el tallo. El recolector raspa el tejido con un *afi*, una cuchara oblonga forjada con un borde afilado en el extremo. El aguamiel se extrae del *ñampi* con la boca utilizando un *mifii*, un pericarpio alargado, seco, de *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl. con agujeros en ambos extremos. Las tres localidades mestizas comenzaron a sustituir el *mifi* con botellas de plástico de 2 L.

El aguamiel se recolecta principalmente de marzo a septiembre y su cantidad y calidad son variables. La variabilidad interestacional en el rendimiento del aguamiel es amplia. La estación seca tiene ventajas sobre las estaciones húmedas en el rendimiento y calidad del aguamiel. Durante la primera pueden obtenerse hasta 10 L d⁻¹ por planta, con 16 °Brix, pero durante la estación húmeda pueden obtenerse solo 5 L d⁻¹ por planta, con 7 °Brix. El rendimiento también depende

(1.6 m×1.9 m) and *ithui grande* (1.35 m×1.8 m) variants, all *A. salmiana*, produce only 5 to 8 L d⁻¹ per plant.

Aguamiel syrup is made by slowly reducing its volume, over a low flame for 5 or 6 h. The aguamiel-syrup ratio is 10:1 and the concentration of soluble solids rises from 16 to 75 °Brix. However, the most frequent aguamiel use is to obtain pulque (*sei*) by fermentation. The process is done using 200 L fiberglass containers. Pulque is called *usei* when is sweet and low in alcohol concentration, and it is called *ñogisei* when it reaches the highest alcohol content. The pulque is sold in bulk to retailers in nearby cities. Natural pulque and mixed with fruit are processed and packed in 600 mL cans for exportation to only one locality (11 in Figure 1).

Parson and Parsons (1990) stated that the factor that determines the time for maguey standing after be castrate is the market prices of aguamiel. But, standing time does not apparently affect the aguamiel quantity or quality (Macedo, 1950). Nobel (1988) stated that during standing times the content of stem stored photosynthates, to flowering, increases. Cultivation manuals, for maguey from the nineteenth century, indicated that the highest aguamiel quality would be obtained from maguey planted on south or west facing slopes (Blásquez and Blásquez, 1870). In general, 1 ha of maguey can yield 9000 L yr⁻¹ of aguamiel (Parsons and Parsons, 1990). Currently aguamiel is transported in plastic containers; but, barrels (*castañas*, *barri* or *mpovinu*; 25 L ovoid barrels), along with goat wineskins (*botansei*) and clay pots were used up to recent years (Parsons and Parsons, 1990; Fournier 2007). Barrels are currently used only at locality 9.

The traditional *Otomí* main use of maguey is to obtain aguamiel and this was also documented by Fournier (2007). Parsons and Parsons (1990) cited the *xamini* variant as the most frequently used and also reported that, in comparison with *A. salmiana*, *A. mapisaga* variants are less prized to obtain aguamiel.

Forage

Green leaves or *pencas* (*y'teta*) and tender leaves of plants producing aguamiel are cut into small pieces, salted and used as livestock feed. The scraped tissue (*ximfi*) from the hollow, which aguamiel is collected, together with leave tissue remains (*foxi*), which the fibers are obtained, is used to feed donkeys, goats, pigs,

del tamaño de la planta. Plantas grandes, como las de las variantes *max'o'uada* (2.7 m de altura×4.1 m de anchura) y *mutha* (2.3 m×3.8 m) de *A. salmiana*, y *penca larga* (2.7 m×3.8 m) de *A. mapisaga* producen de 8 a 10 L d⁻¹ por planta durante todo el período de recolección. Pero plantas pequeñas, como las de *hok'uada* (2.3 m×2.8 m), *amapola* (2.2 m×3.4 m), *chino cardonal* (2.0 m×3.0 m), *xamini* (2.0 m×3.1 m), *chino cenizo* (1.6 m×1.9 m) y *ithui grande* (1.35 m×1.8 m), todas variantes de *A. salmiana*, producen solo de 5 a 8 L d⁻¹ por planta.

El jarabe de aguamiel se prepara reduciendo lentamente su volumen, a fuego lento durante 5 o 6 h. La relación de miel aguamiel es 10:1 y la concentración de sólidos solubles aumenta de 16 a 75 °Brix. Sin embargo, el uso más frecuente de aguamiel es para obtener pulque (*sei*) por fermentación. El proceso se realiza utilizando recipientes de fibra de vidrio de 200 L. El pulque se llama *usei* cuando es dulce y con concentración baja de alcohol, y se llama *ñogisei* cuando alcanza el contenido mayor de alcohol. El pulque se vende a granel a minoristas en ciudades cercanas. El pulque natural y la mezcla con la fruta se procesan y envasan en latas de 600 ml para su exportación a una sola localidad (11 en la Figura 1).

Parson y Parsons (1990) afirmaron que el factor que determina el tiempo de permanencia del maguey después de la castración son los precios de mercado del aguamiel. Pero, el tiempo de reposo aparentemente no afecta la cantidad o calidad del aguamiel (Macedo, 1950). Nobel (1988) afirmó que durante los tiempos de reposo el contenido de fotosintatos almacenados en el tallo aumenta, hasta la floración. Los manuales de cultivo, para el maguey del siglo XIX, indican que la calidad mayor de aguamiel se obtendría del maguey plantado en las laderas orientadas al sur o al oeste (Blásquez y Blásquez, 1870). En general, 1 ha de maguey puede producir 9000 L año⁻¹ de aguamiel (Parsons y Parsons, 1990). Actualmente el aguamiel se transporta en recipientes de plástico, pero los barriles (*castañas*, *barri* o *mpovinu*; barriles ovóides de 25 L), junto con los odres de cabra (*botansei*) y las ollas de barro se utilizaron hasta fechas recientes (Parsons y Parsons, 1990; Fournier 2007). Los barriles se usan actualmente solo en la localidad 9.

El uso otomí tradicional del maguey es para obtener aguamiel, esto también fue documentado por Fournier (2007). Parsons y Parsons (1990) citaron la variante *xamini* como la más utilizada e informaron

sheep, cows and barnyard fowl. At flowering start, the flowering stalk is used to feed goats, sheep and cows. Pinos-Rodríguez *et al.* (2006) evaluated the benefits of *A. salmiana* as forage for sheep and observed that flowering stalk increased weight gain, but leaves and stem did maintain their weight.

Candies

The flowering stalk in early development, much before it begins to branch, is collected to make candy. The variants that are not sought for their aguamiel are used for this purpose, such as the *gääx'mini*, *ithui chico* and *verde* variants of *A. salmiana* ssp. *crassispina*, and also, occasionally, those that do produce abundant aguamiel, growing in plantations, but that for any reason were not castrated and whose flowering stalk is developing. The immature flowering stalk is cut, the tough outer layer removed and cooked in a rustic oven, which hydrolyzes the polysaccharides and gives the stalk a sweet flavor. Once it cools, it is cut with a saw into transverse slices, 1.0-1.5 cm thick, sold and eaten as candy.

Medicine

The leaves (*ye'ta*), mainly of the *hok'uada*, *mäx'o'uada* and *xamini*, all *A. salmiana* variants, are used as an analgesic, anti-inflammatory or emollient poultice for sprains, fractures, bruises and cuts. A piece of roasted leaf, with its surface partially separated is placed on the injured site of the body. Aguamiel syrup is used for respiratory problems and gastritis. To stop external bleeding, the juice of a young leaf is squeezed over the cut.

Food

The flower buds (*ndombo* or *golumbo*) of *hok'uada* variant (*A. salmiana*) are cooked and used to prepare food, usually in a batter with *dädi'maxi* (*Solanum lycopersicum*) and *axo* (*Allium cepa*), and accompanied with a spicy salsa prepared with chili (*Capsicum* sp.) and the fruit of *iskähä* (*Opuntia joconostle* F.A.C. Weber). The leaves are useful to *barbacoa* preparation (pit-roasting, *i.e.* slow cooking meat in a preheated, underground oven made of masonry); *hok'uada*, *mäx'o'uada*, *mutha* and *xamini* from *A. salmiana*, which have broad leaves, are the most used for this activity.

que, en comparación con *A. salmiana*, las variantes de *A. mapisaga* son menos apreciadas para obtener aguamiel.

Forraje

Las hojas verdes o pencas (*y'eta*) y las hojas tiernas de las plantas que producen aguamiel se cortan en trozos pequeños, se salan y usan como alimento para ganado. El tejido raspado (*xi'mfi*) del hueco, de donde se recoge el aguamiel, junto con los restos de tejido (*foxi*), de donde se obtienen las fibras, se utiliza para alimentar burros, cabras, cerdos, ovejas, vacas y aves de corral. En el inicio de la floración, el tallo floral se utiliza para alimentar cabras, ovejas y vacas. Pinos-Rodríguez *et al.* (2006) evaluaron los beneficios de *A. salmiana* como forraje para ovejas y observaron que el tallo en floración aumentaba la ganancia de peso, pero las hojas y el tallo lo mantuvieron.

Golosinas

El tallo floral en desarrollo temprano, mucho antes de que comience a ramificarse, se recolecta para hacer dulces. Las variantes no buscadas por su aguamiel se usan para este propósito, como *gääx'mini*, *ithui chico* y *verde* de *A. salmiana* ssp. *crassispina*, y también, ocasionalmente, aquellas que sí producen abundante aguamiel, que crece en plantaciones, pero por alguna razón no fueron castradas y cuyo tallo floreciente se está desarrollando. El tallo inmaduro en floración se cosecha, la capa exterior dura se retira, y se cocina en un horno rústico, con esto se hidrolizan los polisacáridos y el sabor del tallo será dulce. Una vez que se enfría, se corta con una sierra en cortes transversales, de 1.0 a 1.5 cm de grosor, se vende y se consume como un caramelo.

Medicina

Las hojas (*ye'ta*), principalmente de *hok'uada*, *mäx'o'uada* y *xamini*, todas variantes de *A. salmiana*, se usan como cataplasmas analgésicas, antiinflamatorias o emolientes para esguinces, fracturas, contusiones y cortes. Un pedazo tostado de hoja se aplica, con su superficie parcialmente separada, y colocada en el sitio lesionado del cuerpo. El jarabe de aguamiel se utiliza para problemas respiratorios y gastritis. Para detener

Currently mutton and poultry are the meats most commonly cooked this way, but the meat of practically any wild or domesticated animal is used. The meat is wrapped in the maguey leaves, placed in clay pots and then put into the oven, which is sealed until the meat is cooked. Average for maguey leaf width of both species studied was 29.65 cm, but the average leaf width of these four variants was 38.56 cm.

The number of maguey variants used for barbacoa has recently increased. The variants identified here add to those previously reported. Mora *et al.* (2011) identified several variants from *A. salmiana* ssp. *crassispina*, *A. salmiana* var. *ferox*, and one from *A. macroculmis* for roasting *barbacoa*, among other uses. All these variants are used for this purpose by the leave width. Fournier (2007) recorded that the young leaves of almost all of the maguey variants, cleaned of their spines (*binda*) and teeth (*tumni*), are grilled and eaten, just like as those after be used for *barbacoa*, since they also retain the flavor of the meat that was cooked in them.

Among species with edible flowers recorded in Mexico there are 14 *Agave* species; flowers from *A. salmiana* and *A. mapisaga* are rich in ash (between 5.4-7.6 % dry weight), ether extract (4.6-4.9), protein (11.0-19.5), fiber (14.0-17.1) and carbohydrates (44.8-55.6) (Mapes and Basurto, 2016).

Maguey plants are the habitat for edible insect larvae: the white maguey worm or *thetue* (the butterfly larva of *Aegiale hesperiaris* W., Hesperidae) is mainly obtained from the leaves of the *chino cenizo*, *hok'uada*, *mäx'o'uada*, *mutha* and *xamini* variants (all from *A. salmiana*), and are collected from April to May. The red worm or *chinicuil* or *thenk'ue* (the moth larva of *Comadia redtenbacheri*) mainly parasitizes the *chino cenizo*, *hok'uada*, *xamini* (also from *A. salmiana*) and *verde* variants (*A. salmiana* ssp. *crassispina*), and is collected during the rainy season, from the stem of the plant. The *escamoles* ant or *rä xäju gä yuhí* (pupae of *Limeotopum apiculatum* Mayr) tends to have its underground nest around the roots of the maguey (*y'uta*).

The *escamoles* are removed from the nest between March and May and eaten as a delicacy (Lara-Juárez *et al.*, 2015). On the leaves from *A. salmiana* ssp. *crassispina* variants, this ant tends to different hemiptera (*Anoecia* sp., *Aphis* spp., *Cinara* spp., *Crassicoccus* spp., *Dysmicoccus* spp., *Eriococcus* sp. and *Saissetia* spp.) and feeds on the sweet secretions they

el sangrado externo, el jugo de hoja joven se exprime sobre el corte.

Alimento

Las yemas florales (ndombo o golumbo) de la variante *hok'uada* (*A. salmiana*) se cocinan y se usan para preparar alimentos, generalmente en una mezcla con *dädi'maxi* (*Solanum lycopersicum*) y *axo* (*Allium cepa*), y se acompañan con salsa picante, preparada con chile (*Capsicum* sp.) y el fruto de *iskähä* (*Opuntia joconostle* FAC Weber). Las hojas son útiles para preparar *barbacoa* (asado en tajos, es decir, cocción lenta de la carne en un horno subterráneo precalentado hecho de mampostería); *hok'uada*, *mäx'o'uada*, *mutha* y *xamini* de *A. salmiana*, que tienen hojas anchas, son las más utilizadas para esta actividad. Ahora, la carne de cordero y aves de corral son las más comúnmente cocinadas de esta manera, pero se utiliza la carne de casi cualquier animal silvestre o doméstico. El procedimiento consiste en envolver la carne en las hojas de maguey, se coloca en ollas de barro y luego se hornea sellando el horno hasta que la carne esté cocida. La anchura promedio de la hoja de maguey, de ambas especies estudiadas, fue 29.65 cm, pero el ancho promedio de la hoja de estas cuatro variantes fue 38.56 cm.

El número de variantes de maguey utilizadas para *barbacoa* ha aumentado recientemente y las variantes identificadas aquí se suman a las ya reportadas. Mora *et al.* (2011) identificaron variantes de *A. salmiana* ssp. *crassispina*, *A. salmiana* var. *ferox*, y una de *A. macroculmis* para asar *barbacoa*, entre otros usos. Todas estas variantes se utilizan para este propósito por la anchura de la hoja. Fournier (2007) registró que las hojas jóvenes de casi todas las variantes de maguey, limpiadas de sus espinas (*binda*) y dientes (*tumni*), se asan a la parrilla y se comen, como las usadas después de preparar la *barbacoa*, ya que también conservan el sabor de la carne cocinada en ellas.

Entre las especies con flores comestibles registradas en México hay 14 especies de *Agave*. Las flores de *A. salmiana* y *A. mapisaga* son ricas en ceniza (entre 5.4 y 7.6 % de peso seco), extracto etéreo (4.6 a 4.9 %), proteína (11.0 a 19.5 %), fibra (14.0 a 17.1 %) y carbohidratos (44.8 a 55.6 %) (Mapes y Basurto, 2016).

Las plantas de maguey son el hábitat de larvas de insectos comestibles: el gusano blanco de maguey o *thetue* (la larva de la mariposa *Aegiale hesperiaris* W.,

produce in a trophobiotic relationship (Velasco *et al.*, 2007).

Construction

This use is less and less frequent since the materials derived from the *Agave* are being replaced by plastic, cardboard, brick and concrete. To build the walls of an indigenous hut, mainly the leaves of *A. salmiana* (*hok'uada*, *mäx'o'uada*, *xamini*) and *A. mapisaga* (*ma'ye* and *penca larga*) are used because they are wide and flexible. The flowering stalks used as crossbars correspond to *mäx'o'uada*, *ma'ye*, *gäax'mini* and *verde*.

Fiber

Maguey fiber (*jonxähi*), known as *ixtle* in Spanish, is a textile fiber classified as hard and is preferentially obtained from leaves of *ma'ye* and *penca larga* (*A. mapisaga*) and *xamini*, *púa larga* and *k'ank'uada* (*A. salmiana*) variants. These variants produce the most and the highest quality fiber (longer, and resistant fiber). After selection and cutting the leaves off at their base (*uayeta*), from plants finishing aguamiel production, or are soon to be castrated as these produce the best quality fiber, is bashed with a wood mallet made of mezquite (*Prosopis* sp.). In some localities, the leaves are roasted or cooked because the heat reduces the intense irritation caused by the *guishe* or leaf juices, the tissues are softened and it is easier to separate the fibers from the parenchyma (*ngut'a*), by scraping the leaf. The fibers are used locally to make rope or textiles that have several uses such as clothing or containers called *dänjua* or *ayate*.

Ornamental

The preferred variants for private and public gardens in the region are *ma'ye* (*A. mapisaga*) *hok'uada* and *xamini* (*A. salmiana*). In home gardens, washed clothing is also spread out on these plants to dry. At least in specialized catalogs in ornamental species, *A. salmiana* is recommended for plant of foliage and for garden (Torres-Morán *et al.*, 2012).

Shaping the agricultural landscape

All maguey variants are key elements in shaping the agricultural landscape, particularly on sloped and

Hesperiidae) se obtiene principalmente de las hojas del cenizo chino, *hok'uada*, *mäx'o'uada*, *mutha* y variantes de *xamini* (todas de *A. salmiana*), y se recolectan de abril a mayo. El gusano rojo o chinicuil o *thenk'ue* (la larva de polilla *Comadia redtenbacheri*) parasita principalmente las variantes cenizo chino, *hok'uada*, *xamini* (también de *A. salmiana*) y las variantes verdes (*A. salmiana* ssp. *crassispina*). El gusano se recolecta durante la temporada de lluvias, desde el tallo de la planta. La hormiga escamoles o *rä xäju gâ yuhí* (pupas de *Limeotopum apiculatum* Mayr) tiende a anidar de manera subterránea alrededor de las raíces del maguey (*y'uta*).

Los escamoles se retiran del nido entre marzo y mayo y se comen como un manjar (Lara-Juárez *et al.*, 2015). Esta hormiga tiende a diferentes hemípteros (*Anoecia* sp., *Aphis* spp., *Cinara* spp., *Crassiococcus* spp., *Dysmicoccus* spp., *Eriococcus* sp. y *Saissetia* spp.), sobre las hojas de variantes de *A. salmiana* ssp. *crassispina*, se alimentan de las secreciones dulces que producen en una relación trofóbica (Velasco *et al.*, 2007).

Construcción

Este uso cada vez es menos frecuente porque los materiales derivados de *Agave* se reemplazan por plástico, cartón, ladrillo y concreto. Para construir las paredes de una choza indígena, principalmente se usan las hojas de *A. salmiana* (*hok'uada*, *mäx'o'uada*, *xamini*) y *A. mapisaga* (*ma'ye* y *penca larga*) porque son amplias y flexibles. Los tallos florales utilizados como barras transversales corresponden a *mäx'o'uada*, *ma'ye*, *gäax'mini* y *verde*.

Fibra

La fibra de maguey (*jonxähi*), conocida como *ixtle* en español, es una fibra textil clasificada como dura y se obtiene de preferencia desde hojas variantes *ma'ye* y *penca larga* (*A. mapisaga*) y *xamini*, *púa larga* y *k'ank'uada* (*A. salmiana*). Estas variantes producen la mayor y calidad más alta de fibra (fibra más larga y resistente). Después de seleccionar y cortar las hojas en su base (*uayeta*), de plantas que han terminado la producción de aguamiel, o que pronto serán castradas, ya que producen fibra de mejor calidad, se corta con un mazo de madera de mezquite (*Prosopis* sp.). En algunas localidades, las hojas se tuestan o cocinan porque el calor reduce la irritación intensa causada por

hilly lands. The relief of these landforms needs to be artificially shaped into terraces or *metepantles* (ñu'ta or *uada* ñu'ta) to be used for food crops production. These terraces are started by planting rows of maguey along the contour level lines of the slopes of the hills and gradually taken an appearance of embankments or walls as the land between them are manually flattened.

Maguey, with its fibrous and rhizomatous root system, is excellent for fixing the topsoil (LeFavor, 2014). There are archeobotanical records of terrace construction with maguey in Mesoamerica from 3150 years ago, though the practice may be even older (Evans, 1992). The terrace system decreases the downward movement of soil and organic matter and controls runoff by maximizing infiltration, which creates suitable conditions for growing corn, beans and squash (*Cucurbita pepo*) (Evans, 1992). Ramsay (2004) recorded, using historical and ethnographic methods, the transformation of rocky slopes in the town of Gundhó, 10 km north of Orizabita, Hidalgo (locality 4, Figure 1). This process was started in 1719 and the slope was described as "...stony and useless as farmland." The Hñäbñu colonists planted *A. salmiana* and *A. mapisaga* variants to shape the terraces and by the beginning of the twentieth first century in Gundhó, the terraces under cultivation dominated the landscape (Ramsay, 2004). Old maguey terraces in the hills of the lower Mezquital Valley facilitated its transformation into an irrigation system in the seventies decade; all that had to be done was to pump the water above their upper level and distribute it by gravity. With this change the maguey were eliminated owing to their sensitivity to excessive water (Moreno *et al.*, 2006), as it happens in other places of the center of Mexico (Álvarez-Duarte *et al.*, 2018).

CONCLUSIONS

The intraspecific variation of *A. mapisaga* and *A. salmiana*, for pulque production, at 12 localities in Central Mexico within the Hñäbñu culture area was documented. Magueys variability at that region is based on both species; however, diverse variants are present including six of *A. mapisaga* and 19 from *A. salmiana*. The "mestizo" localities report the *ayoteco* variant (*A. salmiana*) as indicator species, at Hñäbñu localities species indicators were *k'ank'uada* and *dämni* (both *A. salmiana* variants). The 16 recorded applications for the species represent 20.8 % of the

los jugos de guishe u hoja, los tejidos se ablandan y es más fácil separar las fibras del parénquima (ngut'a), raspando la hoja. Las fibras se usan localmente para hacer cuerdas o textiles que tienen varios usos, como ropa o recipientes llamados dänjua o ayate.

Ornamental

Las variantes preferidas para jardines privados y públicos en la región son ma'ye (*A. mapisaga*) hok'uada y xamini (*A. salmiana*). En los huertos familiares, la ropa lavada se extiende para secarse sobre estas plantas. Al menos en catálogos especializados en especies ornamentales, *A. salmiana* se recomienda para plantas de follaje y para jardines (Torres-Morán *et al.*, 2012).

Conformación del paisaje agrícola

Todas las variantes de maguey son elementos clave en la configuración del paisaje agrícola, particularmente en terrenos inclinados y montañosos. El relieve de estas formas terrestres se debe conformar artificialmente en terrazas o metepantles (ñu'ta o uada ñu'ta) para utilizarlos en la producción de cultivos alimenticios. Estas terrazas se inician plantando filas de magueyes a lo largo de las líneas de nivel de contorno de las laderas de las colinas y gradualmente toman una apariencia de terraplenes o paredes a medida que la tierra entre ellas se aplana manualmente.

El maguey, con su sistema de raíces fibrosas y rizomatosas, es excelente para la fijación del suelo superficial (LeFavor, 2014). Registros arqueobotánicos de la construcción de terrazas con maguey en Mesoamérica existen desde hace 3150 años, aunque la práctica puede ser aún más antigua (Evans, 1992). El sistema de terrazas disminuye el movimiento descendente del suelo y la materia orgánica y controla la escorrentía al maximizar la infiltración, lo cual crea condiciones adecuadas para el cultivo de maíz, frijoles y calabacines (*Cucurbita pepo*) (Evans, 1992). Ramsay (2004) registró, utilizando métodos históricos y etnográficos, la transformación de laderas rocosas en la ciudad de Gundhó, 10 km al norte de Orizabita, Hidalgo (localidad 4, Figura 1). Este proceso se inició en 1719 y la pendiente se describió como "...pedregoso e inútil como tierras de cultivo". Los colonos de Hñäbñu plantaron las variantes de *A. salmiana* y *A. mapisaga* para dar forma a las terrazas y, a principios del siglo XX en Gundhó, las terrazas en cultivo dominaron el paisaje

total recorded for the genus *Agave* in Mexico, but this percentage corresponds to only two species. The *Agave* variants are multi-purpose plants in the northern Mesoamerica area; those of the most numerous group are used to produce pulque, its floral stem prepared as a candy (cooked with molasses), its leaves for human consumption, they are raw material for construction and medicinal aims, and plants are host of edible larvae (worms). According to local information, all variants are utilized for most of the recorded usages. However, consumer preferences for specific variants to certain applications depends on their availability.

ACKNOWLEDGMENTS

Fondo de Apoyo a la Investigación de la UASLP (C07-FAI-11-44.80) and Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Basic Science Project 85073) funded this study. The Hñähñu Documentation and Advisory Center *Hmunt's'a Hem'i*, at Ixmiquilpan, Hidalgo, provided important information in a disinterested way. Dr. C. Muñoz R. prepared the Figure 1.

LITERATURE CITED

- Aguirre-Rivera, J. R., H. Charcas S., and J. L. Flores F. 2001. El maguey mezcalero potosino. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí. México. 87 p.
- Aguirre Rivera, J. R. 1983. Enfoque para el estudio de las actividades agrícolas en el Altiplano Potosino-Zacatecano. In: Molina G., J. T. (ed). Recursos Genéticos de las Zonas Áridas y Semiáridas de México. Colegio de Posgraduados. Texcoco, México. pp: 105-115.
- Alfaro R. G., J. P. Legaria, and P. J. Rodríguez E. 2007. Diversidad genética en poblaciones de agaves pulqueros (*Agave* spp.) del nororiente del Estado de México. Rev. Fitotec. Mex. 30: 1-12.
- Álvarez-Duarte, M. C., E. García-Moya, J. Suárez-Espinosa, M. Luna-Cavazos, y M. Rodríguez-Acosta. 2018. Conocimiento tradicional, cultivo y aprovechamiento del maguey pulquero en los municipios de Puebla y Tlaxcala. Polibotánica 45: 205-222.
- Blásquez, P., and I. Blásquez. 1870. El maguey. In: Collantes, A. and E. Alfaro J. (eds). Diccionario de Agricultura y Economía Rural. Imprenta Narciso Bassols. Puebla, México. pp: 688-736.
- Blásquez, P., and I. Blásquez. 1897. Tratado del Maguey. Imprenta Narciso Bassols. Puebla, México. 73 p.
- Callen, E. O. 1966. Analysis of the Tehuacan coprolites. In: Byers, D. S. (ed). The Prehistory in Tehuacan Valley. 1. Environment and subsistence. University of Texas. Austin, USA. pp: 261-289.
- Colunga G. M., P., and F. May-Pat. 1997. Morphological variation of henequen (*Agave fourcroydes*, Agavaceae) germplasm and its wild ancestor (*A. angustifolia*) under uniform growth conditions: diversity and domestication. Am. J. Bot. 84: 1449-1465.
- (Ramsay, 2004). Las terrazas antiguas de maguey en las colinas del valle inferior del Mezquital facilitaron su transformación en un sistema de riego en la década de los setenta; lo que se debía hacer era bombear el agua por encima de su nivel superior y distribuirla por gravedad. Con este cambio, el maguey se eliminó debido a su sensibilidad al exceso de agua (Moreno *et al.*, 2006), como ocurre en otros lugares del centro de México (Álvarez-Duarte *et al.*, 2018).

CONCLUSIONES

La variación intraespecífica de *A. mapisaga* y *A. salmiana*, para la producción de pulque en 12 localidades en el centro de México, dentro del área de cultura hñähñu se documentó. La variabilidad de magueyes en esa región se basa en ambas especies; sin embargo, están presentes diversas variantes, incluyendo seis de *A. mapisaga* y 19 de *A. salmiana*. Las localidades mestizas reportan la variante ayo-teco (*A. salmiana*) como especies indicadoras, en las localidades hñähñu los indicadores de especies fueron k'ank'uada y dämni (ambas variantes de *A. salmiana*). Los 16 registros para la especie indican 20.8 % del total registrado para el género *Agave* en México, pero este porcentaje corresponde solo a dos especies. Las variantes de *Agave* son plantas de usos múltiples en el área norte de mesoamérica; las del grupo más numeroso se utilizan para producir pulque, su tallo floral preparado se consume como un dulce (cocinado con melaza), sus hojas son para consumo humano, materia prima para fines de construcción y medicinales, y las plantas son hospedadoras de larvas comestibles (gusanos). Según la información local, todas las variantes se utilizan para la mayoría de los usos registrados. Sin embargo, las preferencias del consumidor por variantes específicas para ciertas aplicaciones dependen de su disponibilidad.

—Fin de la versión en Español—



Colunga G. M., P., D. Zizumbo-Villarreal, and J. Martínez-Torres. 2007. Tradiciones en el aprovechamiento de los agaves mexicanos: Una aportación a su protección legal y conservación biológica y cultural. In: Colunga G. M., P., A. Larqué-Saavedra, L. Eguarte, y D. Zizumbo-Villarreal. (eds). En lo Ancestral hay Futuro: del Tequila, los Mezcales y otros Agaves. Centro de Investigación Científica y Tecnológica,

- Instituto Nacional de Ecología. Ciudad de México, México. pp: 229-252.
- Colunga G. M., P., and D. Zizumbo-Villarreal. 2007. Tequila and other agave spirits from West-Central Mexico: current germplasm diversity, conservation and origin. *Biodivers. Conserv.* 16: 1653-1667.
- Davidson-Hunt I. J., K. L. Turner, M. A. T. Pareake, J. Cabrera-Lopez, R. Bolton, C. Idrobo J., I. Miretski, A. Morrison, and J. P. Robson. 2012. Biocultural design: a new conceptual framework for sustainable development in rural indigenous and local communities. *Sapiens* 5: 32-45.
- Evans, S. T. 1992. The productivity of maguey terraces agriculture in Central Mexico during azteca period. *In: Killion, T. W.* (ed). *Gardens of Prehistory*. University of Alabama. Tuscaloosa, USA. pp: 92-115.
- Fournier, G. P. 2007. Los hñāhñu del Valle del Mezquital: maguey, pulque y alfarería. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Instituto Nacional de Antropología e Historia y Escuela Nacional de Antropología e Historia. Ciudad de México, México. 420 p.
- García-Mendoza, A. 1998. Con sabor a maguey. Guía de la colección nacional de Agaváceas y Nolináceas del Jardín Botánico del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México. 114 p.
- Gavin, M. C., J. McCarter, A. Mead, F. Berkes, J. R. Stepp, D. Peterson, and R. Tang 2015. Defining biocultural approaches to conservation. *Trend. Ecol. Evol.* 30: 140-145.
- Gentry, H. S. 1982. *Agaves of Continental North America*. The University of Arizona. Tucson. USA. 670 p.
- González de L., O. 1990. El Maguey y el Pulque en los Códices Mexicanos. Fondo de Cultura Económica. Ciudad de México, México. 278 p.
- Hernández C., L., T. M. Victoria, and C. D. Sinclair 2010. Diccionario *hñāhñu* (otomí) del Valle del Mezquital, estado de Hidalgo. Instituto Lingüístico de Verano. Cd. de México, México. 528 p.
- INSP (Instituto Nacional de Salud Pública). 2011. Encuesta Nacional de Adicciones. <http://encuestas.insp.mx/ena/ena2011.html#.V0Eiu77-vOU> (Accessed: May 2016).
- Lara-Juárez, P., J. R. Aguirre-Rivera, P. Castillo L., and J. A. Reyes-Agüero 2015. Biología de la hormiga de escamoles, *Liometopum apiculatum* Mayr (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Zool. Mex.* 42: 251-264.
- LeFavor M., C. 2014. Restoration of degraded agricultural terraces: rebuilding landscape structure process. *J. Environ. Manage.* 138: 32-42.
- Macedo, E. M. 1950. *Manual del Magueyero*. Ediciones agrícolas Trucco Ciudad de México, México. 160 p.
- Mapes, C., and F. Basurto. 2016. Biodiversity and edible plants of Mexico. *In: Lira R., A. Casas, and J. Blancas J.* (eds). *Ethnobotany of México*. Springer. New York, USA. pp: 83-130.
- McCune, B., and M. J. Mefford. 1999. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. Version 4. MjM Software Design. Gleneden Beach, USA. 237 p.
- Mora-López J. L., J. A. Reyes-Agüero, J. L. Flores-Flores, C. B. Peña-Valdivia and J. R. Aguirre-Rivera 2011. Variación morfológica y humanización de la sección Salmianae del género *Agave*. *Agrociencia* 45: 465-477.
- Moreno A., B., R. M. Garret G., and U. F. Fierro A. 2006. Otomíes del Valle del Mezquital. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. Ciudad de México, México. 52 p.
- Nobel, P. S. 1988. *Environmental Biology of Agaves and Cacti*. Cambridge University Cambridge, England. 258 p.
- Parsons J., R., and J. A. Darling 2000. Maguey (*Agave* spp.) utilization in Mesoamerica civilization: a case of "pastoralism". *Bol. Soc. Bot. Méx.* 66: 81-91.
- Parsons J., R., and A. H. Parsons. 1990. Maguey Utilization in Highland Central México: An Archaeological Ethnography. University of Michigan. Ann Arbor, USA. 388 p.
- Perales, H., and J. R. Aguirre-Rivera. 2008. Biodiversidad humanizada. *In: Sarukhán J., R. Dirzo, y R. González, I. March.* (eds). *Capital Natural de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México. pp: 565-603.
- Pinos-Rodríguez, J. M., J. R. Aguirre-Rivera, J. C. García-López, M. T. Rivera-Miranda, S. González-Muñoz, S. López-Aguirre, and D. Chávez-Villalobos. 2006. Use of "maguey" (*Agave salmiana* Otto ex, Salm. Dick) as forage for ewes. *J. Appl. Anim. Res.* 30: 101-107.
- Ramírez R., M. 2000. Ignacio Torres Adalid y la Industria Pulquera. Universidad Nacional Autónoma de México and Plaza y Valdés. Ciudad de México, México. 370 p.
- Ramsay, R. M. 2004. El maguey en Gundhó, Valle del Mezquital (Hidalgo, México): variedades, propagación y cambio en su uso. *Etnobiología* 4: 54-66.
- Reyes-Agüero J. A., J. R. Aguirre-Rivera, F. Carlin C. and A. González D. 2009. Catálogo de las Principales Cultivares Silvestres y Cultivadas de *Opuntia* en la Altiplanicie Meridional de México. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. San Luis Potosí, México. 350 p.
- Sánchez-Marroquín, A. 1979. Los Agaves de México en la Industria Alimentaria. Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo. Ciudad de México, México. 526 p.
- Segura, J. C. 1901. El Maguey, sobre el Cultivo y el Beneficio de sus Productos. Sociedad Agrícola Mexicana. Ciudad de México, México. 412 p.
- Tello-Balderas, J. J., and E. García-Moya. 1988. El maguey (*Agave*, subgénero *Agave*) en el Altiplano potosino-zacatecano. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 48: 119-134.
- Torres-Morán, M. I., A. Velasco R., M. A. Rodríguez G., J. J. Reynoso D., y M. L. García. 2012. Guía Ilustrada de Plantas Ornamentales. Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma Chapingo, Universidad de Guadalajara, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Grupo Mundi Prensa. Guadalajara, México. 535 p.
- Tranfo, L. 1990. Vida y Magia en un Pueblo Otomí del Mezquital. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. Ciudad de México, México. 130 p.
- Valenzuela Z., A. G. 1997. El Agave Tequilero. Monsanto. Guadalajara, México. 204 p.
- Vela, E. 2014. Los usos del maguey. *Arqueología Mex.* 57: 56-65.
- Velasco C., M. C. Corona V., y R. Peña M. 2007. *Liometopum apiculatum* (Formicidae: Dolichoderinae) y su relación trofobiótica con hemiptera Sternorrhyncha en Tlaxco, Tlaxcala, México. *Acta Zool. Mex.* 23: 31-42.

