



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE SUELOS

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE

**CONTRIBUCIÓN AL ENTENDIMIENTO DEL SISTEMA AGROFORESTAL
CON METEPANTLE EN TEPETLAOXTOC, MÉXICO**

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE**

Presenta.

MIRIAM GALÁN RESÉNDIZ

Bajo la supervisión de:

DRA. ROSA MARÍA GARCÍA NÚÑEZ



Chapingo, Estado de México, junio de 2018

**CONTRIBUCIÓN AL ENTENDIMIENTO DEL SISTEMA AGROFORESTAL
CON METEPANTLE EN TEPETLAOXTOC, MÉXICO**

Tesis realizada por **Miriam Galán Reséndiz** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada y aceptada por el mismo como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO
SOSTENIBLE**

DIRECTOR: _____

DRA. ROSA MARÍA GARCÍA NÚÑEZ

ASESOR: _____

DR. JESÚS AXAYACATL CUEVAS SÁNCHEZ

ASESOR: _____

DR. CARLOS ALBERTO ORTIZ SOLORIO

ASESOR: _____

DRA. MA. EDNA ÁLVAREZ SÁNCHEZ

ASESOR EXTERNO: _____

DR. ALFREDO RODRÍGUEZ DELFÍN

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	v
LISTA DE FIGURAS	vii
ABREVIATURAS	ix
DEDICATORIA	xii
AGRADECIMIENTOS.....	xiii
DATOS BIOGRÁFICOS.....	xv
RESUMEN GENERAL.....	xvi
<i>GENERAL ABSTRACT</i>	xvii
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Antecedentes históricos.....	4
2.1.1. Uso milenario del agave.....	4
2.1.2. Los suelos de Tepetlaoxtoc, México	7
2.2. Clasificación de tierras campesinas.....	11
2.3. Metepantle. Concepto, importancia y vigencia	15
2.4. Especies vegetales utilizadas en el «metepantle».....	18
2.4.1. Agaves pulqueros de México	18
2.4.1.1. Diversidad de usos de los agaves pulqueros.....	19
2.4.1.2. Prácticas de conservación de suelo con maguey	26
2.4.2. Vegetación cultivada y <i>taxa</i> vegetales	28
2.5. Aprovechamiento potencial del maguey pulquero	29
2.6. Perspectivas del agave pulquero.....	33
2.7. Literatura citada	34
3. LAS CLASES DE TIERRA CAMPESINA EN TEPETLAOXTOC, MÉXICO	44
3.1. Resumen	44
<i>Abstract</i>	45

3.2. Introducción	46
3.3. Materiales y métodos.....	48
3.3.1. Descripción geográfica del área de estudio	48
3.3.2. Cartografía de las clases de tierra campesina	49
3.3.3. Taxonomía campesina de las clases de tierra	50
3.3.4. Evaluación cuantitativa de niveles jerárquicos de las clases de tierra campesina.....	50
3.3.5. Caracterización del cultivo del agave pulquero	51
3.4. Resultados y discusión	52
3.4.1. Cartografía de las tierras campesinas en Tepetlaoxtoc	52
3.4.2. Taxonomía campesina de las Clases de Tierras	54
3.4.3. Evaluación cuantitativa de los niveles jerárquicos de las clases de tierra campesina.....	59
3.4.4. Caracterización del cultivo de agave pulquero	62
3.5. Conclusiones	65
3.6. Literatura citada	66
4. LOS SISTEMAS AGROFORESTALES CON METEPANTLE EN TEPETLAXTOC, MÉXICO	71
4.1. Resumen	71
<i>Abstract</i>	72
4.2. Introducción	73
4.3. Materiales y métodos.....	74
4.3.1. Descripción geográfica del área de estudio	75
4.3.2. Variedades de agave pulquero	76
4.3.3. Estructura morfológica de las variedades de agave pulquero	76
4.3.4. Evaluación cuantitativa de las variedades de agave pulquero en las clases campesinas de tierra	77
4.3.5. Cultivos y taxa vegetales asociados al «metepantle»	77

4.3.6.	Usos múltiples del agave pulquero.....	78
4.4.	Resultados y discusión	78
4.4.1.	Variedades de agave pulquero en Tepetlaoxtoc	78
4.4.2.	Estructura morfológica de las variedades de agave pulquero	80
4.4.3.	Evaluación cuantitativa de la Estructura de las variedades de agave pulquero y las clases campesinas de tierra.....	87
4.4.4.	Cultivos y <i>taxa</i> vegetales asociados al «metepantle»	90
4.4.5.	Usos múltiples del agave pulquero.....	93
4.5.	Conclusiones	95
4.6.	Literatura citada	97

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Extensión y porcentaje de superficie por clase de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, Estado de México.	53
Cuadro 2. Características del suelo observadas por los productores de maguey pulquero en las clases de tierra campesina de Tepetlaoxtoc, México.	56
Cuadro 3. Terminología descriptiva de las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, Estado de México.	58
Cuadro 4. Valores promedio de las propiedades de los suelos que caracterizan a las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, Estado de México.	59
Cuadro 5. Valores promedio diseño de las hileras de agave pulquero y variedades en las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, Estado de México.	63
Cuadro 6. Variedades de agave pulquero presentes en las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, Estado de México.	79
Cuadro 7. Estructura morfológica del Maguey Manso en las clases de tierra campesina de Tepetlaoxtoc, México.	81
Cuadro 8. Estructura morfológica de la hoja de Maguey Manso en las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, México.	81
Cuadro 9. Estructura morfológica del Maguey Verde en las clases de tierra campesina de Tepetlaoxtoc, México.	82
Cuadro 10. Estructura morfológica de la hoja del Maguey Verde en las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, México.	83
Cuadro 11. Estructura morfológica del Maguey Ayoteco en las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, México.	84
Cuadro 12. Estructura morfológica de la hoja del Maguey Ayoteco en las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, México.	84
Cuadro 13. Estructura morfológica del Maguey Carrizo en las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, México.	85

Cuadro 14. Estructura morfológica de la hoja de Maguey Carrizo, clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, México.	85
Cuadro 15. Estructura morfológica del Maguey Púa Larga en las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, México.	86
Cuadro 16. Estructura morfológica la hoja de maguey en las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, México, Maguey Púa Larga.	86
Cuadro 17. Cultivos y manejo en las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, México.	90
Cuadro 18. Árboles y arbustos de usos múltiples de los sistemas agroforestales con «metepantle» en Tepetlaoxtoc, Estado de México.	92
Cuadro 19. Árboles y arbustos de usos múltiples (AAUM) en las clases de tierra campesina con «metepantle» en Tepetlaoxtoc, Estado de México.	93
Cuadro 20. Usos múltiples del agave pulquero en Tepetlaoxtoc, Estado de México.	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Plantación de agave pulquero en San Pedro Chiautzingo, Tepetlaoxtoc, Estado de México.	5
Figura 2. Perfil del suelo cultivado con agave de tipo pulquero en Tepetlaoxtoc, Estado de México.	8
Figura 3. Fracción de Códice Vergara (Biblioteca Mundial Digital de Biblioteca Mundial Digital, de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2018 a).....	10
Figura 4. Fracción del Códice Santa María Asunción (Ortiz, 2010).	10
Figura 5. Ejemplos de glifos de Clases de Tierra, en Tepetlaoxtoc, México (Ortiz, 2010).....	11
Figura 6. Cultivo de agave pulquero en hileras, en sentido contrario a la pendiente.	16
Figura 7. Extracción de aguamiel en San Pedro Chiautzingo, Tepetlaoxtoc, Estado de México.	22
Figura 8. Alimentación de ganado ovino con residuos del raspado del agave pulquero, en San Pedro Chiautzingo, Tepetlaoxtoc, Estado de México.	24
Figura 9. Beneficios agroecológicos del cultivo de agave pulquero, en Tepetlaoxtoc, Estado de México.....	26
Figura 10. Cultivo de maíz, entre hileras de agave pulquero en el barrio de Santa María Asunción Tepetlaoxtoc, México.	28
Figura 11. Cultivo de agave pulquero en hilera y algunos <i>taxa</i> vegetales asociados, en Tepetlaoxtoc, Estado de México.....	29
Figura 12. Plantación joven de maguey pulquero, Tepetlaoxtoc, Estado de México.	33
Figura 13. Localización área de estudio en Tepetlaoxtoc, Estado de México...	49
Figura 14. Clases de tierra campesinas en Tepetlaoxtoc, Estado de México...	52

Figura 15. Niveles jerárquicos y nomenclatura de las clases de tierra campesina, en Tepetlaoxtoc, Estado de México.	55
Figura 16. Dendrograma de análisis de conglomerados para las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, Estado de México.	60
Figura 17. Análisis del componente principal para las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, Estado de México.	61
Figura 18. Mapa de las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc de Hidalgo, México.	75
Figura 19. Dendrograma del Análisis de conglomerados de la estructura morfológica del Maguey a) Manso, b) Verde, C) Ayoteco, d) Carrizo, y e) Púa Larga en las clases de tierra campesina donde se distribuyen en Tepetlaoxtoc, México.	87
Figura 20. Análisis del componente Principal de la estructura morfológica del Maguey a) Manso, b) Verde, C) Ayoteco, d) Carrizo, e) Púa Larga, en las clases de tierra campesina se distribuyen en Tepetlaoxtoc, México.	89

ABREVIATURAS

Abreviatura	Palabra	Significado
A.	Agave	
a. C.	Antes, Cristo	Antes de Cristo
Aa	Amarilla arenosa	
AAUM	Árboles, arbustos, uso, múltiple	Árboles y arbustos de uso múltiple
Ab	Amarilla barruda	
Ab	Área, basal	
Ab%	Área, basal, porciento	
Am	Amarilla	
Aph	Ancho, parte, hoja	Ancho parte media de la hoja
Ba	Barro	
BANGEV	Banco, Nacional, Germoplasma, Vegetal	Banco Nacional de Germoplasma Vegetal, México
Bb	Barro blanco	
Bo	Barro oscuro	
Bp	Barro pardo	
C	Cobertura	
C%	Cobertura	
CA	Cultivos, anteriores	Cultivos de años anteriores
Ca ²⁺	Calcio	
CE	Conductivas eléctrica	
CH	Cultivos, hileras	Cultivos entre hileras

CIC	Capacidad, intercambio, catiónico	Capacidad de Intercambio Catiónico
CO ²	Bióxido, Carbono	Bióxido de Carbono
CPE	Control, plagas, enfermedades	Control de Plagas y enfermedades
d. C.	Después, Cristo	Después de Cristo
Dap	Densidad aparente	Densidad aparente del suelo
Db	Diámetro, basal	
DC	Diámetro, copa	Diámetro de copa
Dr.	Doctora	
Dra.	Doctora	
E	Edad	Edad de la planta (años)
ed.	Edición	
ed.	Editores	
E-O	Este Oeste	Dirección Este a Oeste
et al.	<i>et alii</i>	y otros
F	Fertilización	
FAO	Food, Agriculture, Organization	Food and Agriculture Organization of the United Nations
Fe	Hierro	
Ga	Ganado	
H ⁺	Hidrogeno	
INEGI	Instinto, Nacional, Estadística, Geografía	Instinto Nacional de Estadística y Geografía
Ing.	Ingeniero	
LET	Longitud, espina, terminal	Longitud de la espina terminal
Lh	Longitud, hoja	Longitud de la hoja desplegada

Lig.	Ligeramente	
MO	Materia orgánica	
Mod	Moderadamente	
N°	Número	
NEL	Número, espinas, laterales	Numero de espinas laterales
N-S	Norte Sur	Dirección Norte a Sur
NTH	Número, total, hojas	N° Total de hojas desplegadas
O ²	Oxígeno	
PEMEX	Petróleos Mexicanos	
pH	Potencial, hidrogeno	potencial de Hidrogeno
SEL	Separación, espinas, laterales	Separación entre espinas laterales
sp.	<i>species</i>	Especie en singular
Tb	Tepetatuda barruda	
Tm	Tepetatuda Amarilla	
Tp	Tepetatuda parda	
Tr	Tepetatuda roja	
UACH	Universidad Autónoma Chapingo	
UH	Uso, herbicida	Uso de herbicida
UM	Uso, maquinaria	Uso de maquinaria

DEDICATORIA

A la memoria de Ramón Hernández Correa

“Uno no siempre hace lo que quiere
uno no siempre puede
por eso estoy aquí
mirándote y echándote
de menos...”

M. Benedetti

AGRADECIMIENTOS

Pocas cosas, como escribir este documento, hasta ahora me han resultado tan placenteras y al mismo tiempo tan difíciles, por la confrontación con mis limitaciones personales de escribir lúdicamente, tratando de mantener al mismo tiempo un texto interesante y ameno, en cuya tarea debo reconocer con profundo agradecimiento a

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento otorgado durante mi estancia en la Maestría. A la coordinación de la Maestría en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, dirigida por la Dra. Edna Sánchez Álvarez por el apoyo brindado.

Dra. Rosa María García Núñez, Directora del proyecto de Investigación, por su asesoría, dedicación, entusiasmo y voluntad para la realización teórica y práctica de este trabajo.

Dr. Jesús Axayacatl Cuevas Sánchez, Curador del Banco Nacional de Germoplasma, por la excelente formación profesional y personal en el entendimiento de los saberes agrícolas ancestrales.

Dr. Carlos Alberto Ortiz Solorio, del Programa de Edafología del Colegio de Posgraduado en Ciencias Agrícolas, por la formación académica, la asesoría incondicional y el préstamo de las instalaciones del laboratorio de Génesis de suelo.

Dra. María Edna Sánchez Álvarez, por la asesoría y sugerencias brindadas a lo largo de la investigación, especialmente en los recorridos de campo.

Dr. Alfredo Rodríguez Delfín, Director del Centro de Investigación en Hidroponía y Nutrición Mineral de la Universidad Nacional Agraria la Molina, en Lima Perú

por el apoyo para la realización de mi estancia de investigación y por compartir sus principios personales y profesionales.

A los maestros Tlachique y Felipe González y familia, Melitón Oble y esposa, María González e hijo Juan González, Alejo Zavala, Mario Sánchez, al Profesor Mariano Cando, y, en especial, a la Ing. Ángeles Alicia González por compartir su conocimiento ancestral e inquietud por entender y transformar sus recursos en sistemas agrícolas productivos.

Ing. Rogelio Álvarez Hernández, por el apoyo brindado durante los recorridos de campo y por siempre impulsarme a seguir adelante.

DATOS BIOGRÁFICOS



Datos personales

Nombre. Miriam Galán Reséndiz

Fecha de nacimiento. Julio 05, 1992

Lugar de nacimiento. Tlalnepantla México, México

CURP. GARM920705MMCLSR03

Profesión. Ingeniero Agrónomo Especialista en Suelos

Cédula profesional. 09683020

Desarrollo académico

Preparatoria. Preparatoria Agrícola Chapingo

Licenciatura. Ingeniera Agronómica Especialidad en Suelos, Universidad Autónoma Chapingo.

RESUMEN GENERAL

Contribución al entendimiento del Sistema Agroforestal con metepantle en Tepetlaoxtoc, México

En Tepetlaoxtoc, Estado de México, el uso del «metepantle», concepto formado por los vocablos del náhuatl «*metl*», maguey o agave, y «*pantli*», bandera o división, es una práctica agroforestal ancestral, vigente, que hace referencia al cultivo de maguey pulquero en hileras perpendiculares a la pendiente del terreno. En la búsqueda de generar estrategias para el entendimiento y transformación pertinente a esta forma de manejo de la tierra, en esta investigación se logró expresar la taxonomía popular de tierras como una clasificación formal del suelo, organizada en diferentes niveles jerárquicos que integraron en total 11 clases de tierras campesinas, con una terminología descriptiva evaluada cuantitativamente por las propiedades de la capa arable del suelo, así como el diseño del «metepantle», es decir, pendientes, desniveles y distancias horizontales entre hileras, ya que representan una estrategia de formación de terrazas sucesivas, con bordos cubiertos de las variedades identificadas como Manso (*Agave salmiana* Otto ex Salm.), Verde (*Agave americana*), Ayoteco (*Agave salmiana* Otto ex Salm.), Carrizo (*Agave mapisaga* Trel.) y Púa Larga (*Agave* sp.), cuyas características morfológicas, de acuerdo al análisis de conglomerados y el de componentes principales, evidenciaron que las primeras dos variedades se encuentran en todas las clases, porque los individuos evaluados fueron fenotípicamente similares, en contraste con el Púa Larga que sólo estuvo en tres clases de tierra. Fue posible distinguir las selecciones generadas por los productores, fundamentadas en los usos múltiples del agave pulquero y la siembra de cultivos entre hileras; entre estos, maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), calabaza (*Cucurbita pepo* L.), haba (*Vicia faba* L.) y en ocasiones con avena (*Avena sativa* L.), reconociendo el conocimiento que las comunidades poseen sobre el uso y manejo de la tierra y el agave pulquero y su utilidad para la conservación de la agrobiodiversidad.

Palabras clave: agave pulquero, agrobiodiversidad, clases de tierra, conocimiento campesino, «metepantle»

GENERAL ABSTRACT

Contribution to the understanding of the Agroforestry System with metepantle in Tepetlaoxtoc, Mexico

In Tepetlaoxtoc, State of Mexico, the use of «metepantle», is a concept formed by the words of Nahuatl «metl», maguey or agave, and «pantli», flag or division. It is an actual ancestral agroforestry practice, that refers to the cultivation of maguey pulquero in rows perpendicular to the slope of the land. In the search to generate strategies for understanding the pertinent transformation to this form of land management. This research was able to express the popular taxonomy of land as a formal classification of soil, organized into different hierarchical levels. they are integrated in 11 classes of peasant lands, with a descriptive terminology evaluated quantitatively by the properties of the arable layer of the soil, as well as the design of the «metepantle», that is to say, slopes, unevennesses and horizontal distances between rows, since they represent a strategy of terraces formation successive, with boards covered with the varieties identified as Manso (*Agave salmiana* Otto ex Salm.), Green (*Agave americana*), Ayoteco (*Agave salmiana* Otto ex Salm.), Carrizo (*Agave mapisaga* Trel.) and Púa Larga (*Agave* sp), whose morphological characteristics, according to the analysis of conglomerates and that of principal components. The first Two varieties are found in all classes, because the individuals evaluated were phenotypically similar, in contrast to the Púa Larga that was only in three classes of soil. It was possible to distinguish the selections generated by the producers, based on the multiple uses of the agave pulquero and the crops between rows; such as, corn (*Zea mays* L.), beans (*Phaseolus vulgaris* L.), squash (*Cucurbita pepo* L.), broad bean (*Vicia faba* L.) and sometimes with oats (*Avena sativa* L.). We identified the knowledge that communities have about the use and management of land, agave pulquero and its utility for the conservation of the agrodiversity.

Key work: agave pulquero, agrodiversity, land classes, peasant knowledge, «metepantle».

Thesis, Programa de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible,
Universidad Autónoma Chapingo, México
Author: Miriam Galán Reséndiz
Advisor: Rosa María García Núñez

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

En los sistemas agroforestales mesoamericanos el empleo del «metepantle» [palabra formada por los vocablos náhuatl «*metl*», maguey o agave, y «*pantli*», bandera o división (Montemayor, 2009)], es una práctica agrícola ancestral, que hace referencia al cultivo de maguey en hileras perpendiculares a la pendiente del terreno. Una estrategia para la formación de terrazas sucesivas con bordos cubiertos de esta especie en asociación con árboles, arbustos y cultivos nativos como maíz, frijol calabaza, e introducidos, como trigo y avena, entre hileras; ha provisto históricamente la obtención de un abastecimiento comunal, consistente, de tales cultivos y especies silvestres, toleradas y fomentadas (Aguilar, Enríquez, Rodríguez-Ortiz, Granados & Cerero, 2014).

En el municipio de Tepetlaoxtoc, Estado de México, México, este conocimiento agrícola es vigente, el cultivo del agave de tipo pulquero, persiste en las condiciones ecológicas de la región, reflejado en prácticas sociales y productivas, determinadas por la articulación histórica de sus procesos tecnológicos y culturales (González & Meléndez, 2016), así como su impacto en la región privilegiada como centro de origen y diversidad del agave, primero, por selección natural, y, desde hace aproximadamente 9,000 años, por la domesticación, manejo y usos múltiples que los pueblos originarios han desarrollado (Colunga-García, Larqué-Saavedra, Eguiarte, & Zizumbo-Villareal, 2007), remontándose al tiempo histórico del desarrollo y esplendor de las culturas mesoamericanas, que poseían profundos saberes de las Matemáticas, la Geografía y en especial la Cartografía que era sumamente avanzada (Tinajero, 2009).

Tepetlaoxtoc se caracterizó por ser un pueblo multicultural con grupos de orígenes diversos como los chichimecas, huastecos, mixtecos y acolhuas, estos

últimos desarrollaron una escritura compleja, con caracteres ideográficos, pictográficos, morfosilábicos y fonéticos (León-Portilla, 2016; Tinajero, 2009), representados por imágenes codificadas que permiten identificar cualquier palabra o proceso (Magni, 2014). Cuya evidencia, más significativa se encuentra en tres códices, el Kingsborough, el Vergara y el Asunción, que de acuerdo con Williams (1981) estos códices conservan más de 40 glifos de diferentes clases de tierras, expresados como una agrupación jerárquica con fines del censo de casas, registro catastral, administrativos y de manejo. Esta clasificación, conservadoramente, se podría ubicar en el año 1500, sí se compara esta fecha con la del origen de la moderna ciencia del suelo, propuesta por Dockuchaev en 1880, se notará una ventaja en experiencias de, aproximadamente, cuatro siglos (Ortiz & Gutiérrez, 1999).

Sin embargo, estos sistemas agrícolas no necesariamente son fértiles y productivos debido principalmente a la problemática social-ambiental detonada por los aspectos negativos de la «aculturización», a partir del cambio en el uso y manejo de los recursos naturales y de algunos hábitos de consumo de las comunidades campesinas, aunado a un deterioro generalizado de la capacidad productiva de la tierra. Gibson (1984), menciona que como política de desprestigio a lo «autóctono» ninguno de los nombres náhuatl de las tierras de buena calidad fue incorporado al idioma español, mientras que, los nombres de tierras de mala calidad, sí fueron agregados, como sucedió con el Tepetate y el Tequesquite (Tequizquitlalli), actitud también derivada de la ignorancia de los invasores españoles, procesos que han fracturado, progresivamente, la relación milenaria Hombre-Suelo-Agave.

En la búsqueda de generar estrategias conjuntas de caracterización, inventario, revaloración y mejoramiento de esta práctica agrícola ancestral de manejo de la tierra, «metepantle», en Tepetlaoxtoc, el objetivo de este trabajo fue contribuir al entendimiento del Sistema Agroforestal Metepantle a través de la diferenciación y caracterización de las variedades de *Agave* y los *taxa* vegetales asociados así como las propiedades del suelo con base en el conocimiento local y científico,

para su posterior manejo sustentable, a través de dos objetivos particulares (1) generar un mapa de la comunidad conducente a la optimización integral del suelo a través de la cartografía de tierras campesinas, para evidenciar la complejidad en la identificación y caracterización, de las clases tierra, así las particulares en el diseño que posee el «metepantle», como una herramienta de zonificación que permita su entendimiento y posterior transformación. (2) Identificar y caracterizar morfológicamente las variedades de agave pulquero, haciendo uso del conocimiento científico y popular, así como de los *taxa* vegetales que se utilizan comúnmente en las hileras para formar el borde y los usos múltiples que este pueblo ha desarrollado del agave pulquero, que permitirán su posterior manejo integral, reconociendo su utilidad para la conservación de la agrobiodiversidad involucrada.

El presente documento contiene cuatro capítulos el primero destinado a esta introducción general del trabajo de tesis que incluye los antecedentes, justificación y objetivos para el desarrollo de la investigación; el segundo está dedicado a la revisión de literatura, donde se abordan los antecedentes históricos del uso milenario del agave y los suelos de Tepetlaoxtoc, así como la clasificación de tierras campesina, el concepto de «metepantle», las especies vegetales asociadas a esta práctica de uso y manejo de la tierra, el aprovechamiento potencial y las perspectivas del agave pulquero que los pueblos originarios de Mesoamérica podrán desarrollar; el tercer y cuarto capítulo evocan dos artículos científicos, el primero acerca de las clases de tierra campesinas en Tepetlaoxtoc, en el que la taxonomía popular de tierras se logró expresar en una clasificación formal del suelo, y, el segundo sobre los sistemas agroforestales con «metepantle», en el que se identificaron las variedades de agave pulquero presentes en las clases de tierra y evaluó cuantitativa la estructura morfológica de cada variedad, en suma a los usos múltiples que se le dan en la zona de estudio.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

En este capítulo se aborda el concepto de «metepantle», las especies vegetales asociadas a esta práctica de uso y manejo de la tierra, así como los antecedentes históricos sobre el conocimiento ancestral que los pueblos originarios de Mesoamérica poseían en relación al agave y suelo, pertinentes a esta investigación.

2.1. Antecedentes históricos

En las últimas décadas, el conocimiento desarrollado por las comunidades campesinas, sean o no indígenas, tradicionales o modernas, empieza a revalorarse y emplearse por la comunidad científica, reconociendo su utilidad para entender la dinámica de los ecosistemas así como de los agroecosistemas y contribuir al mejoramiento de éstos (Bautista, Palma-López & Huchin-Malta, 2005), a través de su mezcla, como si se tratara de un «fenómeno físico», es decir, manteniendo, cada área de generación de conocimiento, características propias (Ortiz & Gutiérrez, 2001), teniendo como estrategia la cooperación, comunicación e integración de conocimientos.

2.1.1. Uso milenario del agave

En Tepetlaoxtoc, México, el cultivo y cultura del agave de tipo pulquero, en los sistemas agrícolas, como mencionan González y Meléndez (2016), muestra un manejo complejo de los recursos suelo y vegetación; conocimientos heredados de nuestros ancestros, que, hasta nuestros días, se han conservado con ligeras

modificaciones en sus nombres o readaptados a las innovaciones técnicas, que deben ser entendidos y transformados para su posterior manejo integral (Figura 1). Es al mismo tiempo una estrategia para la conservación de la biodiversidad y la seguridad alimentaria de las comunidades (Koochafkan & Altieri, 2011; Flores-Sánchez, Navarro-Garza, Carballo-Carballo & Pérez-Olvera, 2012).



Figura 1. Plantación de agave pulquero en San Pedro Chiautzingo, Tepetlaoxtoc, Estado de México.

El producto extraído del maguey, desde la época prehispánica, más renombrado es el pulque, en náhuatl «*octli*», la bebida esencial en la vida ritual en las ceremonias relacionadas con diferentes deidades como Quetzalcóatl, Mayahuel e innumerables símbolos, mitos, tradiciones, imágenes, sonidos, texturas, hábitats, alimentos, vestimentas, juegos y lenguaje coloquial (Olivier, 2012); todas, relacionadas al gusto por lo festivo entre el misterio del rito social, el acto de esparcimiento y la diversión colectiva.

La historia de la diversificación de los agaves bajo cultivo y selección humana, iniciada hace 9,000 años según Callen (1965), citado por Colunga-García et al., 2007, puede dividirse en tres grandes periodos de acuerdo (1) a su uso, como alimento, (2) para la elaboración de bebidas fermentadas (pulque) y (3) bebidas destiladas (mezcales), que dependieron de los criterios de selección que los pueblos originarios les dieron a sus variedades. Tal vez, el origen mismo de la

agricultura mesoamericana ha estado ligado, entre otras, a este grupo de plantas (Parsons & Darling, 2000).

En la Cuenca de México los agaves que se cultivan por su importancia económica y cultural, debido a la colecta de aguamiel, elaboración de pulque y su manejo agroecológico, principalmente son *A. americana* L., *A. atrovirens* Karw., *A. mapisaga* Trel., *A. salmiana* var. *Angustifolia* Berger, y sobre todo *A. salmiana* Otto ex Salm var. *Salmiana* (Rzedowski & Rzedowski, 2001; García-Herrera, Méndez-Gallegos & Talavera-Magana, 2010). En las áreas culturales de Tula, Tulancingo y Teotihuacán hay evidencia que, desde hace más de 3,500 años, los magueyes se aprovechaban para obtener pulque (Parsons, 1990); en el Centro de México, el Valle de Tehuacán y Oaxaca se han registrado con una antigüedad de 2,000 y 3,000 (Donkin, 1979).

La relación entre los recolectores y los magueyes de la altiplanicie, al parecer, inició con el consumo del escapo floral (García et al., 2009) o después de un incendio natural, cuando las pencas y tallos de maguey eran cocidos y que luego derivó en formas refinadas de alimentos y bebidas atenuantes (Mora-López, Reyes-Agüero, Flores-Flores, Peña-Valdivia, & Aguirre-Rivera, 2011). Desde el siglo V a. C. hasta inicios del XXI d. C., hay al menos 25 siglos de formación de una cultura del maguey que diversas civilizaciones han aprovechado. Gonçalves de Lima, citado por Ruvalcaba (1983) afirmó que “*si queremos definir al pueblo mexica..., había de convenirse en denominarlo una civilización del maguey*”. Es un aspecto que englobaba a la diversidad de caracteres étnicos, económicos y políticos, asociados al acto de convivencia colectiva de grandes sectores, formando así un complejo de saberes que hizo posible la unificación de diferentes culturas de las regiones mexicanas (Ramírez, 2007).

Junto con el cultivo del maíz, el agave fue fundamental para la vida de los pueblos del centro de México a lo largo de su historia, pero, el cambio de uso de la tierra de agrícola a urbana es, hoy día, el principal enemigo de las plantaciones de maguey y su diversidad de usos, que han disminuido ampliamente, haciendo preciso conocer de manera directa la problemática de los agricultores, la

condición de sus cultivos asociados, su forma de aprovechamiento, sus procesos productivos y la cultura del agave (Godoy, Herrera & Ulloa, 2003).

El cultivo del agave pulquero, como mencionan González y Meléndez (2016) en Tepetlaoxtoc, pervive en las condiciones ecológicas de la región, reflejado en prácticas sociales y productivas, determinadas por la articulación histórica de sus procesos tecnológicos y culturales, así como su impacto en la región. Práctica que perdura, pues el agave se caracteriza por su alta productividad, sus relaciones biológicas y ecológicas complejas con otras especies vegetales y animales, que provee múltiples servicios ambientales y una amplia diversidad genética, de agroecosistemas y productos culturales que le permiten responder a los cambios ambientales y del mercado de los productos pues les permiten ser manejados en sistemas múltiples de cultivo, innovadores, para satisfacer diversos usos (Colunga-García et al., 2007).

2.1.2. Los suelos de Tepetlaoxtoc, México

El estudio del suelo o tierra, forma parte de la tendencia que busca entender el conocimiento campesino para el posterior aprovechamiento y transformación pertinente de los ecosistemas, que convive con el proceso asociado con el avance científico y tecnológico. La mayoría de los agricultores reconocen los distintos tipos y pueden diferenciar aquellos altamente productivos de otros de propiedades limitadas (Williams & Ortiz, 1981); tienen un conocimiento muy completo tanto de la distribución de los recursos naturales, como del funcionamiento de los ecosistemas, de las relaciones entre el ambiente y su propia cultura; poseen experiencias prácticas basadas en su estilo de vida, tradiciones, relaciones sociales y valores culturales (Figura 2), generados como una articulación dialéctica dinámica que evoluciona adaptándose al cambio (Ortiz & Gutiérrez, 1999).



Figura 2. Perfil del suelo cultivado con agave de tipo pulquero en Tepetlaoxtoc, Estado de México.

Se han conservado tres códices en Tepetlaoxtoc, el *Kingsborough* que se localiza en el British Museum en Inglaterra, el *Vergara* que está en la Biblioteca Nacional de París, Francia, y el *Asunción* que lo custodia la Universidad Nacional Autónoma de México (Tinajero, 2009); tales documentos están relacionados con otras representaciones pictográficas, el Fragmento Humboldt VIII y el Fragmento Catastral de la Colección Ramírez, que en conjunto Nicholson (1973), nombró el «Grupo Tepetlaoztoc». En tanto al tema del cultivo de agave se puede decir que el código Florentino, escrito en el siglo XIV, representa uno de los testimonios pictográficos más representativos, pero no sólo de esta planta, sino de la gran diversidad con la que cuenta el pueblo mexicano, con más de 2800 escenas miniadas, a pesar de no estar concluido, da una idea de cómo funcionaba una gran escuela de miniaturistas, que se encuentra resguardado en la Biblioteca Medicea Laurenciana de Florencia, Italia (Biblioteca Mundial Digital de Biblioteca Mundial Digital, de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2018 a).

Las raíces de estos conocimientos se remontan al tiempo histórico del desarrollo y esplendor de las culturas mesoamericanas, sin embargo, su reconocimiento científico cobró importancia en México hacia finales de la década de los setenta

con el trabajo pionero de Williams y Ortiz (1981) en Tepetlaoxtoc, Estado de México. A partir de ello, los estudios se orientaron a demostrar la existencia de otros conocimientos sobre el recurso suelo, y en este caso, el de los campesinos, los cuales demostraron, resultaron ser muy diferentes del conocimiento técnico y científico, incluso desde la forma de nombrarlo y percibirlo.

Los códices Vergara y Santa María Asunción, son muy significativos para el entendimiento y transformación de los sistemas de clasificación del suelo que los pueblos originarios de América han desarrollado, pues contienen un registro catastral y de censo de una gran variedad de clases de tierras, con base en el tamaño de los agregados, consistencia y origen, con representaciones pictóricas nahuas, de un ambiente volcánico, de cuya interpretación depende la generación de nueva información que permita comprender mejor la avanzada clasificación y el complejo sistema de notación de los tipos de tierras (Gutiérrez, Ortiz, Fernández, Gutiérrez & González ,2017).

El Códice Vergara (Figura 3) elaborado en 1539, dedica las primeras páginas a la genealogía de las familias de terratenientes y sus conexiones con las distintas parcelas. Muestra las parcelas, dispuestas en grupos de cuatro o cinco; en la esquina superior izquierda de la página muestra el «*chantli*», hogar familiar, seguido de una cabeza humana sin cuerpo, que simboliza al jefe de la familia, conectada a otros integrantes por una línea horizontal y por encima de la cabeza, un símbolo fonético indica su nombre (Williams & Hicks, 2011).

El Códice Asunción es muy parecido al Códice Vergara, fue dibujado en 1544, abarcando doce comunidades que formaban parte del estado-ciudad de Tepetlaoztoc (Williams & Hicks, 2011); dividen estructuralmente el documento en tres partes, la primera es la representación pictográfica del censo de las casas y el registro catastral, la segunda consiste de glosas en náhuatl y breves textos que fueron añadidos en 1575 que refieren diferentes asuntos como nombres o asignaciones de tierras y la tercera el «Título de tierras de Asunción» que refieren a las mojoneras del «*tlaxilacalli*» de Santa María Asunción. En la Figura 4 se muestra una parte del Códice Santa María Asunción, Tepetlaoxtoc, México.

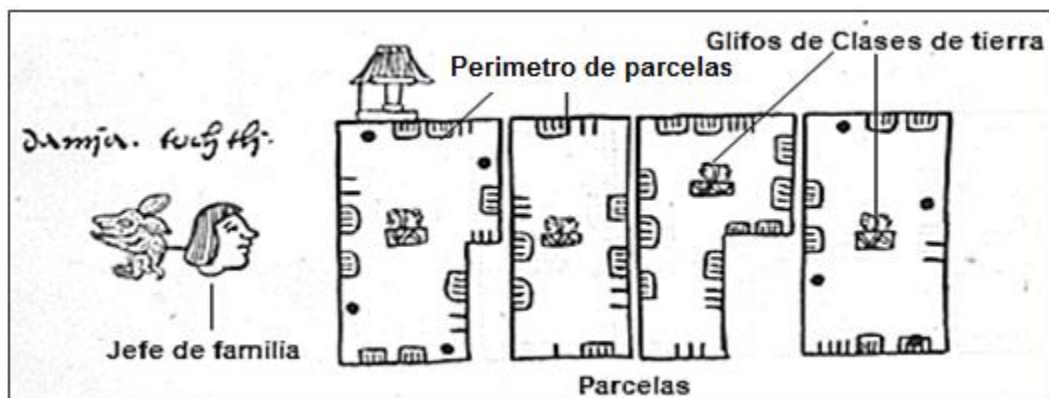


Figura 3. Fracción de Códice Vergara (Biblioteca Mundial Digital de Biblioteca Mundial Digital, de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2018 a).

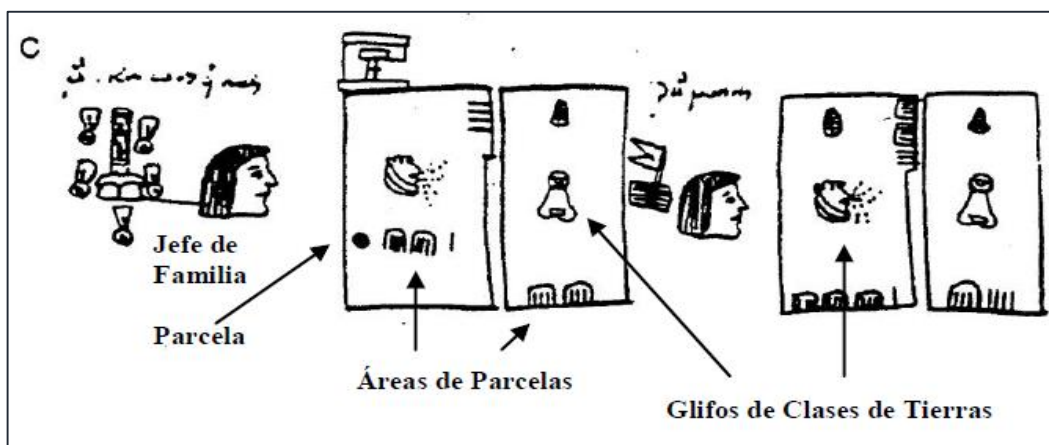


Figura 4. Fracción del Códice Santa María Asunción (Ortiz, 2010).

Williams (1981) en sus estudios sobre estos códices aztecas ha encontrado más de 40 glifos de diferentes clases de tierras (Figura 5), indicando que, la clasificación azteca de suelos, se usaba con fines administrativos y de manejo. Esta clasificación, conservadoramente, se podría ubicar en el año 1500. Si se compara esta fecha con la del origen de la moderna Ciencia del Suelo, 1880, se notará una ventaja en experiencias de, aproximadamente, cuatro siglos (Ortiz & Gutiérrez, 1999). Sin embargo, al tratar de reconstruir la ubicación geográfica de las parcelas, como uno de los objetivos originales del estudio, se pudo constatar que el proceso de «aculturización» en Tepetlaoxtoc fue tan severo, que provocó

un cambio en el enfoque que buscó la percepción sobre los suelos, las formas y conceptos, que podían expresarse como una taxonomía formal y sí se podrían definir sus relaciones con otras taxonomías populares (Ortiz & Gutiérrez, 2001).

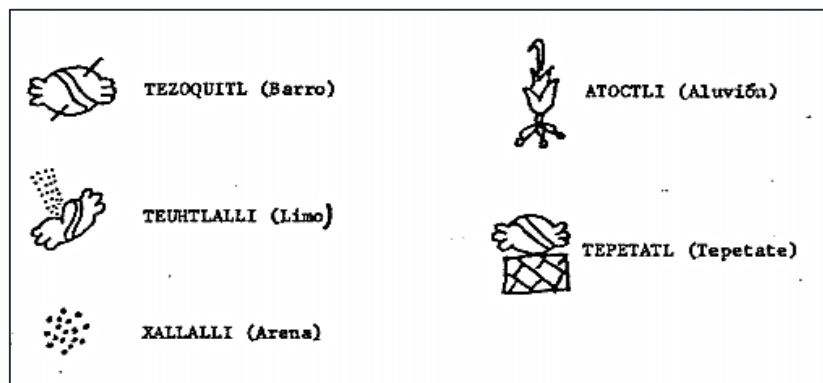


Figura 5. Ejemplos de glifos de Clases de Tierra, en Tepetlaoxtoc, México (Ortiz, 2010).

Gibson (1984), menciona que ninguno de los nombres náhuatl de las tierras de buena calidad fue incorporado al idioma español, mientras que, como política de desprestigio a lo «autóctono», los nombres de tierras de mala calidad, sí fueron incorporados, como sucedió con el Tepetate y el Tequesquite (Tequizquitlalli). Como ya se mencionó durante el agresivo proceso de «aculturización» se destruyeron la mayoría de las evidencias (códices).

2.2. Clasificación de tierras campesinas

El hombre desde los tiempos más remotos hasta nuestros días, cuando se enfrenta al campo de la diversidad del mundo natural, clasifica intuitivamente y estratifica a esta diversidad en grupos más pequeños y manejables (Heywood, 1968), como un agrupamiento lógico de cualquier conjunto de materiales heterogéneos o de individuos, podríamos establecer que la clasificación de suelos es un arreglo en las definiciones del lenguaje, los términos utilizados deben permitir la designación de por lo menos un mínimo de características como objeto de descripción del análisis (Ortiz & Torres, 1981), a diferentes niveles de generalización de acuerdo a sus propiedades físicas, mineralógicas y químicas (Ortiz & Ortiz, 1990), se infiere que los primeros esfuerzos sobre la clasificación

de los suelos tuvieron un carácter empírico, pues los agricultores diferencian los suelos al tacto y con base a la resistencia de éstos al laboreo (Ortiz, 2010), pues a diferencia de muchas plantas y animales, con frecuencia no muestran límites bien definidos, sino que en muchos casos muestran una variación continua y en estos casos los límites son establecidos por una definición que resulta útil desde el punto de vista de su uso y manejo (Ortiz & Cuanalo, 1981).

Stevenson en 1996 (citado por Ortiz, 1999), menciona que los hombres que viven en el campo y lo trabajan tienen un conocimiento muy completo tanto de la distribución de los recursos naturales, como del funcionamiento de los ecosistemas y de las relaciones entre el ambiente y su propia cultura. En la región mediterránea, desde el inicio del segundo milenio a. C., los filósofos griegos Xenophon, Hesíodo, Aristóteles y Platón desarrollaron tratados sobre el conocimiento de las propiedades de los suelos, llegando inclusive a establecer el concepto del perfil de suelo y el suministro de nutrimentos a las plantas; en India y China, desde 2300 años a. C., entre los conocimientos aportados destacan el calendario agrícola, la clasificación de suelos de acuerdo con su calidad y localización y la relación de tiempos óptimos para realizar las distintas labores (Peña, Poveda, Bonet, Bellot, & Escarré, 2005).

En América, desde el siglo V a. C., se fue desarrollando un profundo conocimiento sobre los suelos (De la Rosa, 2008). En México se conservan nombres en diferentes dialectos (náhuatl, purépecha, maya, otomí, etc.) para suelos, pero se desconoce si pertenecen o no a un sistema de clasificación, la tendencia durante los últimos cuarenta o cincuenta años ha sido adoptar con ligeras modificaciones, clasificaciones de suelos de otros países (Ortiz, 2010). Uno de los primeros trabajos que reporta información del conocimiento náhuatl o azteca sobre las tierras (suelos) es el escrito por Fray Bernardino de Sahagún entre 1569 y 1582, “basado en la documentación en lengua mexicana y recogida por los mismos naturales”, en este monumental estudio se mencionan tierras de diferentes calidades, indicando por ejemplo que el atoctli, quauhtlalli y tlalcoztli eran suelos muy fértiles donde se producía muy bien el maíz, mientras que el

Tequizquitlalli (suelo salino) era por naturaleza infértil. En las últimas décadas, el conocimiento tradicional desarrollado por las comunidades campesinas (sean o no indígenas, tradicionales o modernas), empieza a ser utilizado y revalorado por la comunidad científica, reconociendo que este tipo de conocimiento es bastante útil para entender la dinámica de los ecosistemas y contribuir al mejoramiento del ambiente (Bautista, Maldonado & Zink, 2012).

En el primer estudio etnoedafológico donde participo el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, fue el dirigido por Bárbara J. Williams (quien es considerada como la pionera en esta disciplina) en el municipio de Tepetlaoxtoc, Estado de México, durante los veranos de 1978 y 1979. Se seleccionó este municipio porque correspondía al área de influencia de dos códigos náhuatl, el código de Santa María Asunción y el código Vergara (Sahagún, 1907), cuya característica más significativa era el contar con la representación pictórica de los tipos de suelos sobre las 1100 parcelas agrícolas como existían en los años 1540's. Williams y Ortiz (1981) aplicaron para los suelos de Tepetlaoxtoc los principios propuestos por Berlín et al., (1973) para las taxonomías populares de fenómenos biológicos y concluyeron que la clasificación local de tierras (suelos) se podía considerar como una taxonomía formal, ya que satisface los requisitos establecidos por (Kay, 1971). Esto significa que el conocimiento tradicional se puede organizar a diferentes niveles jerárquicos, que cuanta con una nomenclatura propia y que existe una relación entre ambos.

De igual manera existen evidencias de nomenclaturas de tierras para diferentes grupos étnicos como los mayas, otomíes, purépechas, etc., con sus respectivas clasificaciones de tierras, las cuales a la fecha siguen siendo útiles, para el hombre de campo. Estas clasificaciones eran conocidas antes de la llegada de los españoles; las que conservadoramente se podrían ubicar en el año 1500 y, si se compara esta fecha con la del origen de la moderna Ciencia del Suelo, 1880, se notará una ventaja en experiencias de aproximadamente cuatro siglos (Ortiz, 1999), los primeros sistemas de clasificación científica de suelos, Clasificación

Rusa y USDA, llevaban a cabo un enfoque en los factores de formación del suelo y su ambiente para la clasificación de suelos zonales (determinados por el desarrollo de vegetación y clima), azonales e intrazonales (determinados por su material parental y tiempo de formación), se diferenciaban entre suelos azonales e intrazonales con base en el desarrollo del perfil del suelo. El sistema de clasificación moderno se emprendió con la publicación de la taxonomía de suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés), donde se utilizaban las propiedades del suelo definidas y cuantificadas para la designación de “horizontes diagnósticos del suelo”. También se utiliza la Base Referencial Mundial (WRB, por sus siglas en inglés) como estándar internacional para los sistemas de clasificación de suelos, aprobado por la Unión Internacional de Ciencias del Suelo, IUSS [Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2014].

Los estudios Etnoedafológicos, actualmente son una herramienta útil para la comunicación entre técnicos y productores, cuyo desarrollo se puede subdividir en tres períodos: el inicial de 1978 a 1981, donde se propone y se define el concepto de Etnoedafología; el intermedio, que se inicia a partir de 1981, donde se realizó la confrontación entre el conocimiento científico y el conocimiento tradicional, demostrando a técnicos y a científicos la existencia de otro tipo de conocimiento sobre suelos, con un gran nivel de detalle y con una marcada utilidad práctica; y finalmente, el periodo Cartográfico, a partir de 1987, en el cual se relacionó al conocimiento tradicional sobre suelos con la cartografía y se generó un procedimiento metodológico capaz de sustituir a los levantamientos detallados de suelos, con ventajas y con la expectativa de aplicarlo a zonas económicamente menos favorecidas (Ortiz & Gutiérrez, 2001).

Pájaro y Ortiz (1987) realizaron el primer mapa de clases de tierras campesinas, compararon la cartografía campesina con fases de suelo, concluyeron que sus linderos no coinciden y que las clases campesinas son más detalladas que las fases de suelo. González (1988), valida la calidad de la clasificación campesina como alternativa de los levantamientos detallados de suelos en la que concluye

que es posible sustituir a los levantamientos detallados de suelos con la clasificación campesina por presentar las siguientes ventajas: la metodología es simple, no demanda personal especializado, no se requiere material costoso ni equipo sofisticado, y acepta mayor información que un levantamiento detallado.

Lleverino (1999) realizó un estudio en el ejido de San Salvador Atenco, Estado de México, con el fin de evaluar cuantitativamente la calidad de tres diferentes mapas de suelos. La precisión se refiere a la información de los suelos que contienen y la exactitud a la ubicación de sus linderos, un buen lindero tiene suelos diferentes a ambos lados, encontró que el mejor mapa es el de Clases de Tierras, al contar con una precisión de 76% y una exactitud de 94%, mientras que los mapas elaborados por el Colegio de Postgraduados y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) tienen poca precisión, de 4 y 8%, y poca exactitud, 14 y 0%, clasificándolos como mapas de mala calidad. Después de realizar un buen número de estudios tratando de demostrar la existencia del conocimiento campesino sobre tierras, de intentar su caracterización y de establecer su utilidad, a mediados de los años ochenta surgió el interés por generar mapas de clases de tierras, con el objeto de establecer para cada clase su ubicación geográfica, extensión y conocer su problemática (Montalvo, 2014). La Etnoedafología cuenta en México con una experiencia de más de cuarenta años; durante este tiempo y con la participación del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, se han realizado un buen número de investigaciones en diferentes partes del país, las cuales constituyen principalmente los trabajos de tesis de estudiantes, tanto en el ámbito de licenciatura como de postgrado (Ortiz & Gutiérrez, 2001).

2.3. Metepantle. Concepto, importancia y vigencia

La población de la Cuenca de México ha creado, históricamente, sistemas agrícolas con combinaciones ingeniosas de obras, especies vegetales y prácticas de manejo, tal es el caso de las terrazas. Rojas (1991), reconoce tres tipos de éstas: el «Tenamitl» con muro de tepetate o tierra, la represa de piedra en el interior de barrancas o cárcavas y los «metepantle» que modifican sutilmente la

superficie con bordos estabilizados con plantas (Fournier & Mondragón, 2012). Según el Diccionario del Náhuatl en el español de México (Montemayor, 2009), es un vocablo náhuatl de «mepantli», Metl, maguey o agave y «pantli», bandera o división para referirse a las hileras de agave, tan importantes y ampliamente distribuidas en Mesoamérica (Withmore & Turner II, 2001).

El empleo del «metepantle» en los sistemas agroforestales se propone sea considerado como una práctica agrícola ancestral para formar terrazas sucesivas con bordos cubiertos de Agave en asociación con otros *taxa* vegetales, fundamentado en los usos múltiples que los pueblos originarios de México le han dado, del cual se han encontrado registros con una antigüedad de entre 3,000 y 2,000 años en el Centro de México, el Valle de Tehuacán y Oaxaca (Donkin, 1979). El trabajo manual en la agricultura dio origen a diversas técnicas y estrategias de manejo agrícola, mismos que permitieron un aumento progresivo en su capacidad productiva de la tierra y los posiciona como potenciales sistemas biointensivos (Figura 6).



Figura 6. Cultivo de agave pulquero en hileras, en sentido contrario a la pendiente.

El uso de terraza tipo «metepantle» se ha registrado en distintos periodos en el noroeste de Chihuahua, el Valle de Sonora, la Sierra de Tamaulipas, la Cuenca de México, la Cuenca de Toluca, el estado de Hidalgo, el Valle del Río Chilchota en Michoacán, el Valle Poblano-Tlaxcalteca, y la Mixteca Alta (Moreno-Calles, Toledo & Casas, 2013). La amplia diversidad genética del germoplasma de

agaves, de sus agroecosistemas y productos culturales, le permite responder a los cambios ambientales y en el mercado de productos ya que les permiten ser manejados en sistemas múltiples de cultivo, innovadores, para satisfacer diversos usos (Colunga-García et al., 2007).

Como lo señaló en 1982 el Dr. Howard Scott Gentry, nuestro país es privilegiado desde el punto de vista de la diversidad de agaves, como centro de origen y diversidad natural, primero generada por la selección natural y, desde hace unos 10,000 años por la selección y manejo de pueblos que dieron origen al principal centro agrícola de América. Hay pocas especies vegetales con tanta historia social como los agaves (Colunga-García et al., 2007). Históricamente los sistemas agrícolas con «metepantle» han favorecido una provisión comunal consistente (Aguilar et al., 2014), fundamentado en multiusos del agave o maguey y sus interacciones ecológicas con árboles, arbustos y cultivos locales como maíz, frijol y calabaza, entre hileras, mediante el manejo selectivo y la combinación de prácticas de tolerancia, fomento, protección y siembra (Moreno-Calles et al., 2013).

La presencia del «metepantle» es una estrategia de conservación de la diversidad biológica y cultural, en particular la agrodiversidad, también permite el uso de terrenos agrestes para dedicarlos a la agricultura, tiene la cualidad de mantener fija la tierra, evita que sea arrastrada por las corrientes de las aguas y la deje estéril y desnuda.

González (2003) menciona que la dilatada historia de los agroecosistemas mexicanos muestra su capacidad de continuidad y duración, un proceso de selección de variedades y prácticas agrícolas sujetas a una constante experimentación. O sea, en un medio específico, la cultura y la agricultura han coevolucionado, pues el campesino conoce a detalle su entorno, la época de lluvias, sequías, granizadas, vientos, plagas, enfermedades, tipo de tierra y manejo de y abonos. Es obligado para México su estudio con la mayor profundidad pues en su nombre anida la palabra «mexcatl», planta que constituyó

antes que el maíz la fuente básica de carbohidratos para su población (Callen, 1965).

En la búsqueda de generar estrategias conjuntas de caracterización, inventario, revaloración y mejoramiento de esta práctica agrícola ancestral de manejo de la tierra con «metepantle», aunque con problemas en su uso y aprovechamiento, recobra vigencia desde el punto de vista socioeconómico y agroecológico por los beneficios que trae a los pobladores y al medio donde se desarrolla (García-Herrera et al., 2010), características que ayudarán a responder a los retos de la sustentabilidad ecológica y social, cuyo potencial futuro de lo ancestral es enorme dada esta alta diversidad agrobiológica y cultural (Colunga-García et al., 2007). La reproducción de esta práctica, a futuro, condiciona la relación Hombre-Agave en los procesos culturales, ecológicos y tecnológicos (González & Meléndez, 2016).

2.4. Especies vegetales utilizadas en el «metepantle»

En los sistemas agroforestales con «metepantle» en Tepetlaoxtoc conviven varias especies vegetales basadas en combinaciones múltiples de variedades de agave de tipo pulquero en asociación con árboles, arbustos y cultivos locales como maíz, frijol y calabaza entre hileras, debido a la importancia y reconocimiento que recobra como parte del patrimonio de los pueblos de México.

2.4.1. Agaves pulqueros de México

Mesoamérica es el centro de origen de la familia Agavaceae, a la cual pertenecen ocho géneros, entre ellos el *Agave*. De las 273 especies de esta familia del continente americano, en México se encuentra la mayor diversidad con 205 especies, con 151 endemismos (García, 2002; García, 2007). Los agaves pulqueros son *A. salmiana*, *A. mapisaga*, *A. atrovirens*, que se distribuyen en el Estado de México, Tlaxcala, Hidalgo y Puebla (Ruvalcaba, 1983; Alfaro, Legaria & Rodríguez, 2007; Delgado, 2008; Aguilar et al., 2014; Madrigal, García & Velázquez, 2014). Los magueyes pulqueros se han cultivado desde la época

prehispánica, aunque hoy día la industria pulquera es marginal, aunado a la disminución del consumo de pulque por la erosión cultural, la falta de higiene en la fermentación y la nula propaganda, en contraste con bebidas como tequila, mezcal, cerveza, brandy y los vinos, que son objeto de más difusión comercial (Álvarez, Cassiano & Villa, 1998; Montellano, 2014; Valadez, 2014; Vela, 2014; Vázquez et al., 2016).

Aguilar et al. (2014) con base en el aprovechamiento distinguen tres tipos de cultivo: (1) asociado a otros cultivos; (2) como monocultivo; y (3) aquellos que compran el derecho de aprovechar las plantas, así como plantas que no se aprovechan. El aprovechamiento va desde poblaciones espontáneas de maguey con atributos de plantas silvestres, hasta poblaciones con historial prolongado de cultivo, que pueden revelar un muy alto grado de domesticación (Mora-López et al., 2011).

2.4.1.1. Diversidad de usos de los agaves pulqueros

La importancia del uso de plantas de agave se remonta a la época prehispánica cuando los pueblos indígenas de las regiones centrales y norteñas del país vieron a estas plantas como una fuente de materia prima para la elaboración de gran cantidad de productos (Banco Nacional de Comercio Exterior, 1978; Becerra, 1988; Ramírez, 1995; Cervantes & Pedroza, 2013; Álvarez-Duarte, García-Moya, Suárez-Espinosa, Luna-Cavazos & Rodríguez-Acosta, 2018). El agave pulquero es una planta de la cual se pueden aprovechar todas sus partes (Anderson, Calvo, Serrano & Payne, 2009), incluso algunas de sus plagas (Luna, 2009; 2012; Montes de Oca, 2011; Madrigal et al., 2014). Los principales usos se describen a continuación.

Alimento y condimentos. (1) Aguamiel. El aguamiel se puede hervir para concentrarlo y formar miel o jarabe de maguey (Hernández, 2012; Muñiz-Márquez, Rodríguez-Jasso, Rodríguez-Herrera, Contreras-Esquivel & Aguilar-González, 2013; Vásquez, 2009; Vázquez et al., 2016), rica en azúcares, aminoácidos, vitaminas y minerales de alto valor nutritivo; se usa para preparar

mermeladas, galletas, saborizantes de tamales, atole, agua de sabor y cosméticos (Bautista, García, Salcedo & Parra, 2001). Del aguamiel fermentado se produce vinagre. **(2) Jugo dulce (quiote).** Del corazón del maguey tostado o quemado se extraen pencas o trozos que son golosina. Estas pencas tatemadas y enmieladas por el jugo del agave de sabor dulzón y no se mastican, sólo se chupan. Se puede usar, además, para fabricar tortillas (Anderson et al., 2009). **(3) Gusanos blancos o meocuilines.** Son larvas de la mariposa *Aegiale hesperiasis* y viven en la base de pencas, de donde se extraen con espigas, labor realizada con mucho cuidado para no lastimarlos. A veces, por su precio de venta, estimula la deforestación de la planta (Vázquez et al., 2016). **(4) Gusanos rojos o chinicuiles.** Son larvas de la mariposa *Cossus redtenbachii* y viven en las raíces de los magueyes, de donde se recolectan para su consumo (Anderson et al., 2009; Luna, 2009; 2012; Montes de Oca, 2011; Vázquez et al., 2016). Se venden en los mercados; se les añade sal y se colocan sobre braseros para que se ahúmen; una vez secos, se tuestan y se muelen con chile y pimienta, formando así un condimento llamado «sal de gusano». Son ricos en proteínas (37 a 71%) y representan un buen aporte a la dieta humana. Los gusanos de maguey se consumen solos o mezclados con otros alimentos y como aderezo para salsas. Por su apreciado valor comercial y culinario muchas personas arrancan de manera inmoderada toda la planta. **(5) Hojas.** Se emplean como saborizante al cocer barbacoa y la cutícula de ellas, llamada «mixiote», se extrae para envolver diversos guisos; pero, la práctica indiscriminada de extracción de mixiote puede constituir un peligro para la planta, pues le causa la muerte (José, 1993; José & García, 2000; Cervantes, 2002; Vázquez et al., 2016). **(6) Flores (gualumbos).** Se venden en algunos mercados regionales como alimento (Cervantes, 2002; Anderson et al., 2009; Vázquez et al., 2016); se recolectan de plantas silvestres o cultivadas y con ellas se preparan diversos guisos. Las flores deben consumirse si están en botón, pues al madurar se amargan. **(7) Pulque.** Se emplea en la cocina mexicana para preparar o sazonar diversos guisos y salsas como la «salsa borracha» (Torres, 2013); también se emplean residuos del pulque como levadura para elaborar pan de pulque, que se expende en diversos mercados

regionales del país (Álvarez et al., 1998; Montellano, 2014; Vela, 2014; Vázquez et al., 2016).

Bebidas. (1) Aguamiel. Es la savia de color amarillento y de olor herbáceo que se obtiene al hacer la capación del maguey maduro (Flores, 2008), o sea, el corte de las hojas tiernas centrales antes del desarrollo del escapo floral, después se raspa el centro del maguey, seguido del corte de las hojas para formar una cavidad de 20-30 cm de profundidad que servirá para el almacenamiento de aguamiel durante un período de 3-6 meses que son exudados del tejido del tallo del maguey (Ortiz et al., 2008). En México, el aguamiel se emplea para producir pulque como bebida alcohólica ancestral. El aguamiel es un líquido dulce, puede ser ácido o ligeramente alcalino, incoloro y transparente y contiene diversos minerales, y es rico en carbohidratos y proteínas (Parsons & Parsons, 1990; Hernández, 2012; Muñiz-Márquez et al., 2013; Vázquez et al., 2016). De igual forma, al aguamiel se le han atribuido propiedades curativas; así como, cierto poder laxante. También, es un medio favorable a la proliferación microbiana, lo que le confiere la característica de líquido de fácil alteración, lo que permite la generación de una fermentación espontánea en un tiempo breve. Los estudios químicos realizados al aguamiel muestran que tiene una composición entre los que destacan la glucosa, fructuosa, maltosa, sacarosa, minerales y proteínas (Flores, 2008; Muñiz-Márquez et al., 2013). La composición del aguamiel varía en función de los factores ambientales, la edad del maguey en su época de producción (Ortiz et al., 2008). Este producto natural resultaría ser un buen candidato para emplearse en la industria de la fermentación. **(2) Pulque (legendario pero subutilizado).** Los habitantes prehispánicos implementaron diversas formas para obtener el jugo de los magueyes para la elaboración de esta bebida, mismas que aún se emplean (Figura 7. Extracción de aguamiel en San Pedro Chiautzingo, Tepetlaoxtoc, Estado de México.Figura 7). El resultado es un líquido con sabor dulce y ligeramente astringente, el pulque, la «bebida de los dioses». Se trata de una bebida refrescante y nutritiva por su contenido de azúcar. Si se le deja reposar y fermentar, su color cambia de cristalino a blanco lechoso con bajo contenido alcohólico (Lappe et al., 2008; Carrillo, 2013). Se cree

que el pulque es una de las bebidas más completas y balanceadas, que contiene los niveles vitamínicos y energéticos que necesita el ser humano (Cervantes-Contreras & Pedroza-Rodríguez, 2007; Vázquez et al., 2016). Tal vez por esta razón no sólo el aguamiel y el pulque, sino la planta misma fue muy apreciada por los antiguos nahuas. El agave pulquero requiere casi diez años para lograr su madurez y poder ser aprovechado. La etapa productiva de un maguey pulquero comienza cuando éste es «capado», o sea cuando se le corta el conjunto de pencas más tiernas del centro de la planta para que, en cuatro meses, comience a dar sus primeros litros de aguamiel. De la fermentación del aguamiel, que tarda menos de 24 horas, se obtiene la bebida alcohólica conocida como pulque (Cervantes-Contreras & Pedroza-Rodríguez, 2007; Lappe et al., 2008; Erlwein, Mira & Velasco, 2009; Hernández, 2010; Carrillo, 2013). **(3) Destilados de piña del agave y de pulque.** En la actualidad tienen mayor consumo las bebidas que una vez fermentadas se destilan. Para la obtención de bebidas destiladas se utilizan los tallos completos, desprovistos de sus hojas y raíces (Lappe et al., 2008). Al ser un producto 100% natural y 100% de agave, el pulque destilado, cuyo origen es la savia del maguey que ha pasado por un proceso de fermentación sin adición de ninguna sustancia ajena a éste proporciona un producto de alta calidad y un sabor y olor muy especial que destaca su origen de pulque artesanal y de producción limitada. Su proceso de elaboración es el mismo, más la destilación que lo hace transparente (Rodríguez, Macías, Silva & Vargas, 2014).



Figura 7. Extracción de aguamiel en San Pedro Chiautzingo, Tepetlaoxtoc, Estado de México.

Fibras textiles de las pencas. Desde la época prehispánica en Mesoamérica se usó el maguey para confeccionar vestimentas para el pueblo, pues los nobles solían usar ropa elaborada a partir del algodón silvestre. Hoy día existe una industria bien posicionada que elabora productos a partir de fibra de maguey como costales, bolsas, mantas, lazos, cordones, redes, bolsas, cestas, tapetes, morrales, ceñidores, cordeles, cobertores, mandiles, sandalias, cepillos de cabeza, brochas de pintura, hilo para coser, entre otros. Sirven también para confeccionar instrumentos como cuerdas para arcos de caza y redes de pesca. La fibra también se usa para cuerdas de instrumentos musicales (Parsons & Parsons, 1990; Cervantes, 2002; Vázquez et al., 2016).

Construcción. Los troncos y quiotes (quiote seco tallo floral que alcanza más de tres metros) se usan como postes, travesaños y vigas para construir casas; también se usan como cercos de corrales y para delimitar terrenos; las hojas frescas se emplean en el techado de jacales. Las hojas se amarran usando ixtle proveniente de las mismas plantas. La baba de la penca se usa como aditivo para mezclas (Parsons & Parsons, 1990; Vázquez et al., 2016).

Forraje. La importancia del maguey se manifiesta en el uso que se le da como forraje para la alimentación del ganado (Figura 8), formando una buena opción forrajera en zonas semidesérticas poco productivas, pues dicha planta, logra una

alta eficiencia en el uso del agua y a la adaptación del recurso a diferentes hábitats. Las pencas quemadas y la piña se utilizan como alimento para ovino y bovinos proporcionando altos niveles de energía digestible, minerales y agua. En rumiantes, tiene importancia por su alta productividad, su empleo en periodos críticos del año (sequía), sus ventajas nutrimentales y su alto contenido de azúcares, minerales y fibra cruda, lo cual se aprovecha si se emplea como base regular de alimentación del ganado durante todo el año (Arias, Villanueva & Martínez, 1991; Cervantes, 2002; Narváez, Martínez & Jiménez, 2016). Los residuos de pulque se emplean como alimento para aves.



Figura 8. Alimentación de ganado ovino con residuos del raspado del agave pulquero, en San Pedro Chiautzingo, Tepetlaoxtoc, Estado de México.

Uso doméstico. Se emplean las raíces y pencas como jabón (por su alto contenido de saponinas) para ropa. La piña como recipiente para agua o vasija para comida. La penca se emplea como recipiente para comer o beber. Con las semillas se hacen juguetes para niños. Las púas o espinas se utilizaban como clavos y como agujas; de las raíces se elaboraban cepillos, escobas y canastas (Vázquez et al., 2016).

Uso medicinal. El material vegetativo, aguamiel y jarabe de agaves se han usado ancestralmente para la prevención y tratamiento de varias enfermedades. Entre los usos, sin suficiente evidencia científica, se hallan: antibacteriano, estreñimiento, diabetes (García et al., 2009), diurético, disentería, flatulencia, indigestión, resistencia a la insulina, ictericia, laxante, suplemento nutricional y

síndrome metabólico. El agave ha sido utilizado empíricamente desde la antigüedad para el tratamiento de enfermedades crónico-degenerativas como Síndrome Metabólico y Diabetes Mellitus (García et al., 2009). Hoy día se sabe que la savia preparada de las hojas de agave es fuente de metabolitos secundarios como saponinas esteroidales (Yokosuka & Mimaki, 2009), glucósidos, compuestos fenólicos (Almaraz-Abarca et al., 2009; Cerda, 2011) y flavonoides, los cuales prestan beneficios a la salud. Estos metabolitos secundarios han reportado efectos citotóxicos, antiinflamatorio (Peana, Moretti, Manconi, Desole & Pippia, 1997; García, Quílez, Sáenz, Martínez & de la Puerta, 2000) y antidiabético en estudios *in vitro* e *in vivo*. Los fitoquímicos del metabolismo secundario, como compuestos fenólicos (fenólicos simples, flavonoides, antocianinas. Cerda (2011) ha indicado *in vitro* e *in vivo* que, además de sus propiedades antioxidantes (Almaraz-Abarca et. al., 2009) tienen actividad antidiabética con mecanismos como: (1) promueve que las personas que lo consumen aumentan la capacidad para secretar insulina, (2) inhibe los transportadores de glucosa, la actividad de enzimas gluconeogénicas y de enzimas digestivas α -amilasa, α -glucosidasa y sacarasa.

También se usa para producir remedios naturales, con las pencas se preparan ungüentos para curar urticaria, hematomas, golpes y heridas.; el aguamiel crudo (para no alterar sus propiedades) se toma para curar o fortalecer los pulmones; la miel del maguey (Vásquez, 2009; Hernández, 2012) es buena para curar reumatismos. Pero, los mecanismos involucrados no son bien claros. Un posible mecanismo de acción podría vincularse a la acción antioxidante. El agave fresco alcanza capacidad antioxidante de 12.48 μmol de equivalente de Trolox/g, que aumenta a 29.38 si se hierva el agave. Ciertos fitoquímicos del agave como saponinas esteroideas (Yokosuka & Mimaki, 2009), sapogeninas glicosiladas y flavonoides, muestran actividad biológica con efectos citotóxicos, antiinflamatorios (Peana et al., 1997; García et al., 2000) y antidiabéticos (García et al., 2009).

La utilización de plantas de maguey para engalanar jardines está muy extendida en el mundo, lo mismo se utilizan en grandes residencias que en humildes casas y este uso que se le da a la planta; se pueden apreciar todas sus variedades, desde las muy conocidas hasta las exóticas. Algunos agaves se emplean con frecuencia para extraer las flores, que se pueden encontrar en calles de pueblos y ciudades. Su uso como plantas ornamentales, es una acción que se está viendo muy extendida (Parsons & Parsons, 1990; Parra, Villar & Prieto, 2010; Vázquez et al., 2016). En muchas ocasiones, en el folclore mexicano, ha sido fuente de inspiración para artistas, escritores, pintores y músicos (Ramírez, 2007). Bebidas rituales (aguamiel y pulque). Las bebidas que se extraen de las plantas del maguey tienen fama internacional (Figura 9). La tradicional en México y consumida desde los tiempos prehispánicos, es el pulque, obtenido de la fermentación del aguamiel (Banco Nacional de Comercio Exterior, 1978; Parsons & Parsons, 1990; Flores, 2008; Ortiz et al., 2008; Ramírez, 2010; Fournier & Mondragón, 2012; Hernández, 2012; Olivier, 2012; Godoy et al., 2003).



Figura 9. Beneficios agroecológicos del cultivo de agave pulquero, en Tepetlaoxtoc, Estado de México.

2.4.1.2. Prácticas de conservación de suelo con maguey

Desde inicios del sedentarismo en el Altiplano, se originó la necesidad de conservar los terrenos de cultivo y el agua. El maguey, desde épocas prehispánicas se cultivó no sólo para obtener pulque o azúcar, sino para proteger

las tierras contra la erosión. La conservación de los recursos naturales, es una actividad básica para el desarrollo sustentable (Nieto, Reynoso, Cruz & González, 2013). México tiene un territorio muy heterogéneo en cuanto a su fisiografía, de tal forma, que hay una fuerte erosión del suelo por escorrentías en laderas donde se ejerce la agricultura. Los agaves son un recurso que en ciertas zonas se usan para reducir la erosión de los suelos, siendo una alternativa de producción, si se planifica su uso y manejo (Rivera, 1990; Colunga-García et al., 2007; Hernández, 2010; Pedraza, 2014).

La formación de «metepantle» para lindero es la sola estrategia de conservación que usan los campesinos, pues otras técnicas de conservación como formación de terrazas, bordos con maguey y cosecha de agua les son desconocidas (Morena, Bertrán & Ávila, 1982; Colunga-García et al., 2007; Hernández, 2010; Nieto et al., 2013; Narváez et al., 2016). Este es uno de los factores más importantes que determinan la productividad y sostenibilidad agrícola en áreas de ladera. Un uso muy recurrente del agave es como cerca y lindero.

El maguey es un cultivo que aporta múltiples beneficios ambientales (Colunga-García et al., 2007; Pedraza, 2014); es útil en la conservación de suelo y agua, favorece la biodiversidad benéfica a los cultivos y al medio ecológico, provee bonos de carbono, permite recargar acuíferos y la práctica de agricultura sustentable aún en terrenos con alta pendiente mediante la construcción de terrazas (Hernández, 2010).

Aguilar et al. (2014) con base en el aprovechamiento distinguen tres tipos de cultivo, asociado a otros cultivos, como monocultivo, aquellos que compran el derecho de aprovechar las plantas, así como plantas que no se aprovechan. El aprovechamiento va desde poblaciones espontáneas de maguey con atributos de plantas silvestres, hasta poblaciones con historial prolongado de cultivo, que pueden revelar un muy alto grado de domesticación (Mora-López et al., 2011).

Se reconoce un tipo de cultivo mixto donde la tierra es ocupada para el cultivo del maguey pulquero intercalando otras plantas como el maíz, legumbres y

algunos otros cereales, por temporada y las tierras pueden ser utilizadas de manera rotativa (Loyola, 1956). Especies que han sido utilizadas para satisfacer y complementar una serie de necesidades básicas como material para construcción, la obtención de miel, fibra, combustible, insectos y la alimentación del ganado (Aguilar et al., 2014), en diferentes comunidades y culturas originarias (Colunga-García et. al., 2007), que han construido ancestralmente una profunda relación Hombre-Agave.

2.4.2. Vegetación cultivada y taxa vegetales

El «metepantle» genera un microclima que favorece la retención de humedad y de suelo, protege del viento y de fauna nociva a los cultivos que se siembran entre las hileras de maguey (Narváez et al., 2016). El principal cultivo (Figura 10), que se ha descrito entre las hileras de agave, es el maíz (*Zea mays* L.) que se intercala con haba (*Vicia faba* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y calabaza (*Cucurbita* sp.).



Figura 10. Cultivo de maíz, entre hileras de agave pulquero en el barrio de Santa María Asunción Tepetlaoxtoc, México.

Los árboles y arbustos predominantes (Figura 11) son pino (*Pinus* sp.), tejocote (*Crataegus mexicana* Moc. Sessé.), capulín (*Prunus serotina* subsp. *capuli* [Cav.]

McVaugh), como *nopal* (*Opuntia* spp.), *sabino* (*Juniperus deppeana* Steud), tepozán o toposán (*Buddleja americana* L.), así como especies introducidas como *durazno* (*Prunus persica* [L.] Batsch) y *chabacano* (*Prunus armeniaca* L.); además arbustos como palo dulce (*Eysenhardtia polystachya* [Ortega] Sarg.), jarilla (*Senecio salignus* [DC H. E. Robins. & Brett.]) y arvenses como la hierba del cáncer (*Cuphea aequipetala* Cav.) y estafiate (*Artemisia ludoviciana* Nutt.) (Pérez-Sánchez & Juan-Pérez, 2016; Moreno-Calles et al., 2013). Las plantas situadas a lo largo de los bordes de las terrazas actúan como soporte de los muros, evitando el derrumbe de los mismos, también contribuyen con materia orgánica al suelo, sirven como lindero y cortinas rompe vientos entre los terrenos (Pérez-Sánchez & Juan-Pérez, 2013).



Figura 11. Cultivo de agave pulquero en hilera y algunos *taxa* vegetales asociados, en Tepetlaoxtoc, Estado de México.

Conviven también con el maguey pulquero variados tipos de vegetación, destacando la vegetación xerófila, pastizales, matorrales, bosques, etc. Generalmente, el agave, forma grupos o masas dispersas dentro de la vegetación de pastizal y se encuentra combinado con nopaleras y matorral micrófilo. Puede hallarse lo mismo en sitios con altitudes de 300 msnm, que en lugares a más de 3000 msnm (Gentry, 1982).

2.5. Aprovechamiento potencial del maguey pulquero

Penca. Uno de los productos más demandados del maguey pulquero es la penca, ésta puede aprovecharse desde que la planta de maguey tiene tres años y hasta

que es adulta. Es un producto muy solicitado por la industria gastronómica pues se usa para preparar diversos platillos de carne y para la barbacoa de gran presencia en el centro del país y la penca es un insumo fundamental para su elaboración.

Planta. La venta de planta pequeña y mediana también es una alternativa económica para productores de maguey, pues es solicitada por gobiernos de diferentes estados que adquieren la planta para entregarla a sus campesinos para establecer nuevas plantaciones comerciales, también es requerida por asociaciones de productores que captan recursos para la adquirir plantas y establecer siembras comerciales, y por campesinos que desean aumentar su producción (Hernández, 2010). Es otra opción de negocio derrochada, dado el potencial que tiene la venta de planta. Tampoco se aplica una técnica de reproducción por semilla o propagación *in vitro*; los pocos campesinos que replantan se limitan sólo a arrancar los «mecuates» que brotan de las plantas adultas para colocarlos en otro lugar, pero sin un manejo adecuado (Vargas, Porras, Plaza & Raquel, 2004; Colunga-García et al., 2007; Enríquez, 2008).

El turismo rural y cultural. Es otra opción para los productores que pueden aprovechar las plantaciones para atraer visitantes, pues la propia belleza de la planta, el recorrido por las magueyerías, su tradición y cultura son de interés a los habitantes de las ciudades que desean conocer un poco esta tradición milenaria (Pedraza, 2014).

Bioetanol de maguey. Del maguey se puede obtener biocombustible de segunda generación, ya sea usando el agave completo o los residuos de su utilización. La empresa Petróleos Mexicanos (PEMEX) firmó en 2015 contratos con varias empresas para la adquisición de etanol anhidro, lo cual abre una sugestiva oportunidad para los productores de maguey que tengan la posibilidad de usar la tecnología para producir este energético. Se cree que el maguey, es un cultivo con un alto potencial como cultivo bioenergético ecológicamente rentable, debido a que puede ser usado para la producción masiva de etanol, además que no compite con materias primas de origen alimentario, como maíz y

caña de azúcar. Adicionalmente los magueyes pulqueros, tienen una gran ventaja en el balance energético durante los procesos de extracción de etanol, pues durante su preparación y fermentación, el requerimiento en energía es nulo con respecto a otros cultivos bioenergéticos (Holtum, Chambers, Morgan & Tan 2011; Ibarra, et al., 2013; Lazcano, Rojas, Núñez & Valdés, 2014).

El Hidrogeno (H^+) a partir de pulque. El petróleo es un recurso no renovable y, por ello, se buscan nuevas alternativas energéticas, como es sustituir el petróleo por el H^+ (Vargas, Matsumoto & Baquero, 2016). Su combustión sólo produce agua y no contamina. En los últimos años, se han desarrollado tecnologías para su aprovechamiento como energético, como combustible para autos. El H^+ se obtiene por hidrólisis, o sea, la separación del H^+ y del Oxígeno (O^2) del agua. Este proceso es caro, pero, en algunos países se está ensayando abaratar la producción con fuerza eólica para suministrar la energía eléctrica necesaria, a más bajo costo. Pero el H^+ se puede obtener también de otros insumos primarios como energía solar y biomasa, entre otros, que existen en México en cantidad suficiente. Se cree que en el país se obtienen 73 millones de toneladas de residuos agrícolas y forestales que pueden servir para ello, mediante el aprovechamiento de la bioenergía (generación de energía a partir de biomasa). Incluye muchos productos como residuos agropecuarios y varios más. En la categoría de biocombustibles entran la obtención de H^+ a partir de biomasa; se obtiene H^+ de biodigestores de líquidos orgánicos que producen metano y CO^2 (Vargas et al., 2016).

Se reporta el uso de aguas residuales de los destilados del agave para la producción de H^+ por procesos anaerobios sin recurrir a la formación de metano; y se sabe cómo se produce H^+ a partir del reformado de etanol, presente en los fermentos de bebidas alcohólicas y algunos destilados (Cervantes-Contreras & Pedroza-Rodríguez, 2007; Ibarra et al., 2013; Lazcano et al., 2014; 2017). En México hay varias bebidas que producen etanol, metano y metanol como subproductos de sus procesos de elaboración; entre ellas el pulque, bebida rica en azúcares (Ruiz, 2010); por el grado de alcohol y de compuestos orgánicos, es

una fuente para obtención de biomasa y posterior extracción de H⁺. Captar los gases que se producen durante la fermentación para extraer el H⁺ no interfiere con la producción de pulque y sólo le añade valor adicional a esa industria. Además, la producción de H⁺ por esta vía contribuye a la reutilización y siembra del agave pulquero e impulsa las áreas agrícolas próximas a los valles pulqueros y a generar nuevas industrias (Vargas et al., 2016).

Potencialidad con apoyo de la biotecnología. Hoy día hay otros productos que se pueden obtener del maguey (Erlwein et al., 2009). Día a día se descubren cada vez más posibilidades, como es el carbón activado. Destacan el pulque envasado (Cervantes-Contreras & Pedroza-Rodríguez, 2007; Breña, Domínguez & González, 2010), el cual ya se exporta a USA. Otro es la inulina (Díaz, 2006; Ibáñez, Álvarez & Doria, 2015), una fibra soluble del jugo de la planta con propiedades benéficas para la salud pues baja los niveles de colesterol y triglicéridos, aumenta la absorción de Calcio, Hierro y Magnesio, evita el estreñimiento y desarrolla bacterias intestinales benéficas (Cervantes-Contreras & Pedroza-Rodríguez, 2007). La miel de maguey elaborada a base del aguamiel deshidratado (Hernández, 2012; Vásquez, 2009) y el destilado de pulque, tienen valor agregado (Lappe et al., 2008). También se obtienen de la planta o de sus derivados: saborizantes, cosméticos, suplementos, jarabes, mermeladas, saborizantes, probióticos (Valis, 2017) y prebióticos (Ramírez, 2010; Romero, Osorio-Díaz, Flores-Morales, Robledo & Mora-Escobedo, 2015).

Fitoquímicos nutraceuticos del agave. La savia de las hojas del agave es fuente de metabolitos secundarios como saponinas esteroidales (Yokosuka. & Mimaki, 2009), glicósidos, flavononas, ácido chelidónico y cierta cantidad de ácido ascórbico (Vargas, 2014). También se reportan flavonoides (agamennona) en hojas (Parmar, Jha, Gupta & Prasad, 1992) y extracto metanólico del jarabe de *A. americana*. Se han aislado tres nuevos flavonoides en rizomas de *A. barbadensis* y el ácido málico de hojas de *A. americana*. Se conocen dos espirostanos esteroidales glicosilados, cinco hecogeninas glicosiladas, tres

saponinas esteroideas (Yokosuka & Mimaki, 2009), y un colestano esteroideal en las hojas de *A. americana* (Tinto, Simmons-Boyce, McLean & Reynolds, 2005).

La importancia industrial del aguamiel. Hay rutas distintas al uso tradicional de la elaboración de pulque, como, la fabricación de jarabes fructosados, azúcares edulcorantes naturales para pacientes diabéticos y miel de maguey (Vásquez, 2009; Bautista et al., 2001). Además, se conoce el empleo del pulque para elaborar tradicional «pan de pulque». Se sabe que los agaves contienen en su composición muchos fructanos de tipo inulina (*azúcares no tóxicos, de bajo valor calórico y con potencial para usarse en el desarrollo de nuevos alimentos funcionales*) (Díaz, 2006; Urías et al., 2008; Ibáñez et al., 2015). También, los desechos del agave son una rica fuente de fibra para fabricar papel (Escoto-García, Vivanco-Castellano, Lomelí-García & Arias-García, 2006; Parra et al., 2010) o para producir fertilizantes, y para obtener complementos alimenticios como vitaminas. El aguamiel puede usarse para obtener polisacáridos, fructanos de agave o jarabes de alta fructosa (Urías et al., 2008), como aditivos alimenticios benéficos a la salud, pues estimulan la absorción de Calcio (Ca^{2+}) en la postmenopausia, aumentan la absorción de Hierro (Fe) en niños, ayudan a prevenir el cáncer de colon y reducen el índice glucémico si se consumen con moderación. El aguamiel también puede usarse para elaborar biocombustibles (Ibarra et al., 2013; Lazcano et al., 2014; 2017). Actualmente se emplean los bagazos de varias especies de agave pulquero como sustrato para la producción de hongos seta (Heredia-Solís, Esparza-Ibarra, Romero-Bautista, Cabral-Arellano & Bañuelos-Valenzuela, 2014).

2.6. Perspectivas del agave pulquero

La producción de maguey pulquero es económicamente viable si se aprovecha de manera integral, con la técnica adecuada y buscando los canales de comercialización correctos. Tiene potencial para ser uno de los cultivos más rentables dada la gran cantidad de productos que se pueden obtener de la planta y de la creciente demanda que cada uno de ellos tiene y encarna una alternativa de desarrollo para la misma mediante su utilización total. Encarna una alternativa

para los productores del altiplano mexicano y puede contribuir a detonar el desarrollo sustentable de las comunidades rurales (Figura 12). La derrama económica que puede generar este cultivo no se limita al medio rural y puede beneficiar a todos los involucrados en la red de valor del mismo.



Figura 12. Plantación joven de maguey pulquero, Tepetlaoxtoc, Estado de México.

2.7. Literatura citada

- Aguilar, J., B., Enríquez, Del V., R., Rodríguez-Ortiz, G., Granados, S., D., & Cerero, B. M. (2014). El estado actual de *Agave salmiana* y *A. mapisaga* del Valle de México. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 1(2): 106-120.
- Alfaro, G., Legaria, J., & Rodríguez, J. (2007). Diversidad genética en poblaciones de agaves pulquero (*Agave* spp.) del nororiente del Estado de México. *Fitotecnía Mexicana*, 30(1): 1–12.
- Almaraz-Abarca, N., Delgado-Alvarado, E. A., Hernández-Bargas, V., Ortega-Chávez, M., Orea-Lara, G. & Muñiz-Martínez, R. (2009). Profiling of phenolic compounds of somatic and reproductive tissues of *Agave durangensis* Gentry (Agavaceae). *American Journal of Applied Sciences*. 6(6), 1076-1085.
- Álvarez, P., A. M., Cassiano, G., & Villa K., A. (1998). La explotación del maguey pulquero en la zona de Metztlán: datos etnográficos y arqueológicos. *Dimensión Antropológica*, 13, 7–30.
- Álvarez-Duarte, M. C., García-Moya, E., Suárez-Espinosa, J., Luna-Cavazos, M. & Rodríguez-Acosta, M. (2018). Conocimiento tradicional, cultivo y aprovechamiento del maguey pulquero en los municipios de Puebla y Tlaxcala. *Polibotánica. IPN*. 45: 205-222.
- Anderson, R. K., Calvo, J., Serrano, G., & Payne, G. C. (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), S657–S674.

- Arias, M., C. G., Villanueva, D. J. & Martínez, C., M. A. (1991). *Establecimiento y manejo de maguey para obtención de forraje*. Folleto para productores N° 10. Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de San Luis Potosí. INIFAP. SAGARPA.
- Banco Nacional de Comercio Exterior. (1978). El maguey y el pulque. "Había una vez..." *Comercio Exterior*, 28(11), 1312-1317.
- Bautista, F., Maldonado, D. & Zink, A. (2012). *La clasificación Maya de los suelos*. CONACYT. Ciencia y Desarrollo. <http://www.cyd.conacyt.gob.mx/260/articulos/clasificacion-maya-suelos.html> (Consultado 24 de noviembre 2017)
- Bautista, J. M., García, O. I., Salcedo, H. R. & Parra, N. I. A. (2001). Azúcares en agaves (*Agave tequilana* Weber) cultivados en el estado de Guanajuato. *Acta Universitaria* 11(1): 33-38.
- Bautista, F., Palma-López, D. & Huchin-Malta, W. (2005). *Actualización de la clasificación de los suelos del estado de Yucatán. Caracterización y manejo de los suelos de la península de Yucatán*. Mérida, México: implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales.
- Becerra, L. (1988). El pulque, ancestral bebida obtenida del árbol de las maravillas. *Revista Nueva Antropología* X, 195-198.
- Biblioteca Mundial Digital, de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, por sus siglas en inglés (2018) a. Historia general de las cosas de Nueva España por el fray Bernardino de Sahagún: el Códice Florentino: <https://www.wdl.org/es/item/10096/> (Consultado el 10 de enero de 2018).
- Biblioteca Mundial Digital, de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, por sus siglas en inglés. (2018) b. Códice Vergara: <https://www.wdl.org/es/item/15278/#q=codice+vergara> (Consultado el 01 de enero de 2018).
- Breña, C. L., Domínguez, D. O & González, M. A. (2010). *Estrategia de exportación de pulque enlatado*. Tesina. Instituto Politécnico Nacional. UPIICSA. México. D. F.
- Callen, E. O. (1965). Food habits of some pre-Columbian Mexican Indians. *Economic Botany*, 19(4), 335-343.
- Carrillo P., C. (2013). *El pulque está de moda en León*. Periódico Milenio. http://www.milenio.com/firmas/pablo_cesar_carrillo/pulque-moda-Leon_18_160963952.html
- Cerda, S. K. L. (2011). *Evaluación del Contenido de Fenólicos, Actividad Antioxidante y Efectos Antidiabéticos de Extractos de Jarabes de Agave (A. atrovirens Karw)*. (Tesis Maestría). Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Campus Monterrey. Consultada en https://repositorio.itesm.mx/bitstream/handle/11285/570267/DocsTec_11

[204.pdf;jsessionid=51A5FBDBCEE9CF9FA5933DF725BE839C?sequence=1.](https://books.google.com.mx/204.pdf?jsessionid=51A5FBDBCEE9CF9FA5933DF725BE839C?sequence=1)

- Cervantes, M. & Pedroza, A. (2013). El agave y sus productos. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 7(2), 53-61.
- Cervantes, M. (2002). Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México. México: UNAM, Instituto de Geografía. [Versión electrónica]. Recuperado de: URL (<https://books.google.com.mx>).
- Cervantes-Contreras, M. & Pedroza-Rodríguez, A. M. (2007). El pulque: características microbiológicas y contenido alcohólico mediante espectroscopia Raman Nova. *Publicación Científica en Ciencias Biomédicas*, 5(8), 135-146.
- Colunga-García, M. P., Larqué-Saavedra, A., Eguiarte, L. E. & Zizumbo-Villareal, D. (2007). *En lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves*. Mérida, Yucatán, México. Centro de Investigación Científica de Yucatán, AC, (Ed).
- De la Rosa, D. (2008). *Evaluación Agro-ecológica de Suelos para un desarrollo rural sostenible*. Madrid, España: Mundi-Prensa (Ed.).
- Delgado, L. A. M. (2008). *Aprovechamiento y disponibilidad espacial de Agave potatorum en San Luis Atolitlán, Puebla, México*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México. Morelia, Michoacán Consultada en http://www.lamolina.edu.pe/zonasaridas/za15/RZA15_completo.pdf#page=92.
- Díaz, C. M. (2006). *Oligosacáridos en fórmulas infantiles. La inulina y la oligofructosa, nuevos ingredientes funcionales en alimentos*. Neolac. Recuperado el día 01 de noviembre del 2013 de: www.respyn.uanl.mx/especiales/ee-5-2003/conferencias/09.pdf
- Donkin, R. A. (1979). *Agricultural terracing in the aboriginal New World*. Tucson University of Arizona Press.
- Enríquez, V. J. R. (2008). *Propagación y crecimiento de agaves*. Fundación Produce Oaxaca A.C. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. México.
- Erlwein, S., Mira, T. J. R. & Velasco, P. A. (2009). *Proceso de elaboración del pulque, su importancia económica y concepción social en Apan, Hidalgo*. Ejercicios Etnográficos. Aprendiendo A Investigar Proceso de Elaboración del Pulque.
- Escoto-García, T., Vivanco-Castellano, E. M., Lomelí-García, M. G. & Arias-García, A. (2006). Tratamiento fermentativo-Químico-mecánico del bagazo del maguey (Agave tequilana Weber) para su aplicación en papel hecho a mano. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 5(1).

- Flores, M. A. (2008). *Rescate del maguey pulquero (Agave salmiana otto ex salm) en el estado de Tlaxcala y Puebla*. México: Instituto Tecnológico del Altiplano Potosino (Ed.).
- Flores-Sánchez, D., Navarro-Garza, H., Carballo-Carballo, A. & Pérez-Olvera, M. (2012). Sistemas de cultivo y biodiversidad periurbana: Estudio de caso en la Cuenca del Río Texcoco. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 9(2).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2014). *Clasificación de suelos. Portal de suelos de la FAO*. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/clasificacion-de-suelos/es/>
- Fournier, G., P. & Mondragón, B., L. (2012). Las bebidas mexicanas. Pulque, mezcal y tesgüino. *Arqueología Mexicana*, XIX (114).
- García, A. (2002). Distribution of the genus *Agave* (Agavaceae) and its endemic species in Mexico. *Cactus and Succulent Journal*, 74, 177-187.
- García, M. A. J. (2007). Los agaves de México. *Ciencias* 87.
- García, L., Juárez, B., Aguirre, J., Pinos, J., Martínez, J. & Santoyo, M. (2009). Effects of *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dick high fructose syrup on non-diabetic and streptozotocin diabetic rats. *Journal of Medicinal Plants Research*. 3 (11), 932-940.
- García, M. D., Quílez, A. M., Sáenz, M. T., Martínez, M. E. & de la Puerta, R. (2000). Antiinflammatory activity of *Agave intermixta* Trel. & *Cissus sicyoides* L., species used in the Caribbean traditional medicine. *Journal of Ethnopharmacology*. 71(3), 395-400.
- García-Herrera, E. J., Méndez-Gallegos, S. J., & Talavera-Magana, D. (2010). El género *Agave* spp. en México: principales usos de importancia socioeconómica y agroecológica. *Revista Salud Pública y Nutrición, Special Ed*, 5, 109-129.
- Gentry, A. H. (1982). Neotropical floristic diversity: phytogeographical connections between Central and South America, Pleistocene climatic fluctuations, or an accident of the Andean orogeny? *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 69(3), 557-593.
- Gibson, C. (1984). Los aztecas bajo el dominio español (1519-1810), México, D. F. *Siglo XXI* (15).
- Godoy, A., Herrera T. & M. Ulloa. (2003). *Más allá del pulque y del tepache, las bebidas alcohólicas no destiladas indígenas de México*. México: Instituto de Investigaciones Antropológicas (Ed.). Universidad Nacional Autónoma de México.
- González, M. R. (1988). *La clasificación campesina como sustituto de los levantamientos detallados de suelos*. (Tesis de Maestría). Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. México. Consultada en <http://www.sidalc.net/cgi->

bin/wxis.exe/?IsisScript=UACHBC.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=077940.

- González, S. A. A. & Meléndez, S. E. (2016). *Maguey Cultura y Cultivo*. Departamento de Sociología Rural (Ed.). Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo México.
- González, J. A. (2003). *Cultura y agricultura: transformaciones en el agro mexicano*. México: Universidad Iberoamericana.
- Gutiérrez, C. M C., Ortiz, S. C. A, Fernández, G. B. S., Gutiérrez, C. E. V., & González, V. T. (2017). Los suelos del área de influencia del Códice Santa María Asunción y su representación pictórica. *Terra Latinoamericana*, 35(2). 101-111.
- Heredia-Solís, A., Esparza-Ibarra, E., Romero-Bautista, L., Cabral-Arellano, F. & Bañuelos-Valenzuela, R. (2014). Bagazos de *Agave salmiana* y *Agave weberi* utilizados como sustrato para producir *Pleurotus ostreatus*. *Revista Iberoamericana de Ciencias*. 1 (5).104-110.
- Hernández, R., A. (2010). *Caracterización del sistema de aprovechamiento del género Agave en el municipio de Villa del Carbón, Estado de México*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hernández, R., S. (2012). *Control del oscurecimiento no enzimático en miel de maguey (Agave mapisaga)*. (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México.
- Holtum, J. A. M., Chambers, D., Morgan, T., Tan, D. K. Y. (2011). Agave as a biofuel feedstock in Australia. *Bioenergy* 3. 58-67.
- Ibáñez, V. G., Álvarez, H. M. y Doria, M. F. J. (2015). Cadena de suministro: Inulina de Agave. Capítulo 5. Administración del Desarrollo Regional y Sustentabilidad. 21 al 24 de abril. Durango, Dgo.
- Ibarra, A. M., Mendoza, V., A. M. A., García, C. O., Núñez, G. Y., Ruelas, S. P. U., Rojas, A. A. & Valdés, O. A. (2013). *Energía de combustión del bioetanol producido a partir de maguey (Agave americana), naranja (Citrus sinensis) y palma de coyol redondo (Acrocomia mexicana)*. México: Energía Alterna y Biocombustibles. Innovación e Investigación para un Desarrollo Sustentable (Ed.).
- José, J. R. & García, M., E. (2000). Remoción cuticular ("Mixiote") y Desarrollo Foliar en los Agaves Pulqueros (*Agave salmiana* y *A. mapisaga*). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 66. 73-79.
- José, J. R. (1993). *El crecimiento y las prácticas culturales de los agaves pulqueros del Valle de México*. (Tesis licenciatura): Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Koohafkan, P. & Altieri, M. A. (2011). Globally important agricultural heritage systems: a legacy for the future. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- Lappe, R., Moreno, R., Arrizón, J., Herrera, T., García, A. & Gschaedler, A. (2008). Yeasts associated with the production of Mexican alcoholic nondistilled and distilled Agave beverages. *FEMS Yeast Research*, 8(7). 1037-1052.
- Lazcano, O. D. K., Rojas A., A., Núñez G., Y. Valdés O., A. (2017). Bioetanol a partir del maguey (*Agave americana*) y su prospectiva en México. *Tierra, Medio Ambiente y Energía. Revista Ingeniantes*, 3(1). 16-23.
- Lazcano, O. D. K., Rojas, A. A., Núñez, G. Y. & Valdés, O. A. (2014). Energía de combustión del Bioetanol Producido a partir de maguey (*Agave americana*), naranja (*Citrus sinensis*) y palma de coyol redondo (*Acrocomia mexicana*). XI Congreso Internacional Sobre Innovación y Desarrollo Tecnológico CIINDET 2014. Cuernavaca, Morelos, México.
- León-Portilla, M. (2016). *Toltecáyotl: Aspectos de la cultura náhuatl. Colección Antropología*. México, D. F: Fondo de Cultura Económica.
- Lleverino, G. E. (1999). *La calidad de los mapas de suelos en el ejido de Atenco, Estado de México*. (Tesis de Maestría). Colegio de Postgraduados, Motecillo, Edo. de México. México.
- Loyola, M. E. (1956). *La industria del pulque, cultivo y explotación del maguey: elaboración, transporte y comercio del pulque*. Banco de México, S. A. (Ed.). México, D.F.
- Luna, V. B. (2009). *Aprovechamiento de insectos asociados al maguey verde (Agave salmiana) en el ejido Tolosa de Pinos, Zac.* (Tesis de licenciatura): Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México. Consultada en <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=parasi.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=009567>.
- Luna, V. B. (2012). *Caracterización socioeconómica de los recolectores de insectos comestibles asociados al maguey en Pinos, Zacatecas*. (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma Chapingo México, Edo. México.
- Madrigal, L. R., García, M., E. & Velázquez, L., A. (2014). *El maguey y el pulque en la región central de México*. México: Fideicomiso Colegio de Historia de Tlaxcala.
- Magni, C. (2014). El sistema de pensamiento olmeca, México: originalidad y especificidades. El código glífico y el lenguaje corporal. *Cuicuilco*, 21(60), 09-44
- Montalvo, L. J. C. (2014). *Clasificación campesina de tierras en la comunidad de San Marcos Guaquilpan en el municipio de Calpulalpan, Tlaxcala*. (Tesis de licenciatura) Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México. Consultada en <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=SUELOS.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=004992>.

- Montellano, M. (2014). Elaboración del pulque, importancia económica y concepción social en Apan, Hidalgo. *Etnografía* 059-104.
- Montemayor, C. (2009). *Diccionario del náhuatl en el español de México: nueva edición corregida y aumentada*. México D. F. Universidad Nacional Autónoma de México (Ed.).
- Montes, O. E. (2011). La recolección de insectos con fines alimenticios en la zona turística de Otumba y Teotihuacán, Estado de México. PASOS. *Revista de Turismo y Patrimonio cultural*, 9(1). 81-100.
- Mora-López, J. L., Reyes-Agüero, J. A., Flores-Flores, J. L., Peña-Valdivia, C. B., & Aguirre-Rivera, J. R. (2011). Variación morfológica y humanización de la sección *Salmianae* del género *Agave*. *Agrociencia*, 45(4). 465-477.
- Morena, C. C. J., Bertrán, S. & Ávila, I. S. (1982). Contribución al estudio de la problemática del maguey. Promotora del Maguey y del Nopal. *Serie estudios socio-económicos*, 1(1).
- Moreno-Calles, A. I., Toledo, V. M., & Casas, A. (2013). Los sistemas agroforestales tradicionales de México: una aproximación biocultural. *Botanical Sciences*, 91(4), 375-398.
- Muñiz-Márquez, D. B., Rodríguez-Jasso, R. M., Rodríguez-Herrera, R., Contreras-Esquivel, J. C. & Aguilar-González, C. N. (2013). Producción Artesanal del Aguamiel: Una Bebida Tradicional Mexicana. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 5 (10).
- Narváez, S. A. U., Martínez, S. T., Jiménez, V. M. A. (2016). El cultivo de maguey pulquero: opción para el desarrollo de comunidades rurales del altiplano mexicano. *Revista de Geografía Agrícola*, 56. 33-44.
- Nicholson, H. B. (1973). The Late Pre-Hispanic Central Mexican (Aztec) Iconographic System. *The Iconography of Middle American Sculpture*, 72(97).
- Nieto, A. R., Reynoso, G. A., Cruz, R. A. & González, G. J. (1982). Contribución al estudio de la problemática del maguey. Promotora del Maguey y del Nopal. *Serie estudios socio-económicos*, 1(1).
- Nieto, A. R., Reynoso, G. A., Cruz, R. A. & González, G. J. (2013). *El cultivo de maguey pulquero*. México: Universidad Autónoma Chapingo
- Olivier, G. (2012). Los dioses ebrios del México antiguo. De la transgresión a la inmortalidad. *Arqueología Mexicana*. XIX (114). 26-33
- Ortiz, S. C. A. (1999). *Los levantamientos etnoedafológicos*. (Tesis doctoral). Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Ortiz, S. C. A. (2010). *Edafología*. Chapingo, Estado de México. 8ª Edición. Universidad Autónoma Chapingo.
- Ortiz, S. C. A. (2011) *Elementos de agrometeorología cuantitativa con aplicaciones en la República Mexicana*. 5ª Ed. México: Chapingo.

- Ortiz, S. C. A. & Cuanalo, C., E. (1981). *Introducción a los levantamientos de suelos*. México. Colegio de Postgraduados.
- Ortiz, S. C. A. & Ortiz, V. B. (1990). *Edafología*. Departamento de suelos. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México.
- Ortiz, S. C. A. & Torres, G. J. (1981). Clasificación francesa de suelos. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Estado de México.
- Ortiz, S. C. A. & Gutiérrez, C. M. C. (1999). Evaluación taxonómica de sistemas locales de clasificación de tierras. *Terra Latinoamericana*, 17 (4). 277-286.
- Ortiz, R. I., Pourcelly, G., Doco, T., Williams, P., Dornier, M. & Belleville, M. (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.
- Ortiz, S. C. A. & Gutiérrez C. M. C. (2001). La etnoedafología en México una visión retrospectiva. *Etnobiología* 1. 44-62.
- Pájaro, H. D. & Ortiz, S. C. A. (1987). El levantamiento de suelos y su relación con la cartografía y clasificación de clases de tierras campesinas. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Edo. de México. México.
- Parmar, V. S., Jha, H. N., Gupta, A. K & Prasad, A. K. (1992). Agamanone, a flavanone from *Agave Americana*. *Phytochemistry*. 31(7). 2567-2568.
- Parra, N. L. A., del Villar, Q. P. & Prieto, R. A. (2010). Extracción de fibras de agave para elaborar papel y artesanías. *Acta Universitaria. Universidad de Guanajuato*, 20 (3). 77-83.
- Parsons, J. R. & Parsons, A. H. (1990). *Maguey Utilization in Highland central México: An Archaeological Ethnography*. University of Michigan. Ann Arbor, Illinois.
- Parsons, J. R. (1990). Maguey utilization in highland central México; An Archaeological Ethnography (04; F1219. 3, P3).
- Parsons, J. R. & Darling, J. A. (2000). Maguey (*Agave* spp.) utilization in Mesoamerican civilization: a case for precolumbian" Pastoralism". *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (66), 81-91.
- Peana, A., Moretti, M., Manconi, V., Desole, G. & Pippia, P. (1997). Anti-inflammatory activity of aqueous extracts and steroidal sapogenins of *Agave Americana*. *Planta Medica*. 63(3). 199-202.
- Pedraza, C. I. (2014). Antecedentes históricos del agave. *En: Comisión de Autosuficiencia Alimentaria. Mesa de Trabajo: Actividades y aprovechamientos alternativos del medio rural, la vida silvestre, pesca y acuicultura*: 13-18.
- Peña, J., Poveda, R. M., Bonet, A., Bellot, J. & Escarré, A. (2005). Cartografía de las coberturas y usos del suelo de la Marina Baixa (Alicante) para 1956, 1978 y 2000. *Investigaciones Geográficas (Esp)*, (37).

- Pérez-Sánchez, J. M. & Juan-Pérez, J. I. (2013). Caracterización y análisis de los sistemas de terrazas agrícolas en el Valle de Toluca, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 10(4), 397-418.
- Pérez-Sánchez, J. M. & Juan-Pérez, J. I. (2016). Agricultura de terrazas en el cerro Tenismo, Toluca. México. *Terra Nueva Etapa*, 32(51).
- Ramírez, C. (2010). *El pulque, una bebida ritual Mesoamericana como ofrenda colectiva de la mayordomía de Tlachiqueryos en Tepetlaoxtoc, Estado de México*. (Tesis de Maestría). Escuela Nacional de Antropología e Historia. División de Posgrado en Historia y Etnohistoria. México. D.F.
- Ramírez, J. (1995). Los magueyes, plantas de infinitos usos. CONABIO. *Biodiversitas* 3. 1-17.
- Ramírez, R. R. (2007). La representación popular del maguey y el pulque en las artes. *Cuicuilco*, 14(39).
- Rivera, V. J. J. (1990). *El uso del maguey (Agave sp.) en la conservación del suelo*. (Tesis de maestría). Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México. No publicada.
- Rodríguez, R. S., Macías, E., Silva, D. & Vargas, L. A. (2014). El pulque, bebida e identidad. *Ciencias (UNAM)* 111-112: 66-69.
- Rojas, R. T. (1991). *La agricultura en tierras mexicanas desde sus orígenes hasta nuestros días*. México: Consejo Nacional para la Cultura y las Artes 80 (71).
- Romero-López, M. R., Osorio-Díaz, P., Flores-Morales, A., Robledo, N. & Mora-Escobedo, R. (2015). Composición química, capacidad antioxidante y el efecto prebiótico del aguamiel (*Agave atrovirens*) durante su fermentación *in vitro*. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 14 (2). 281-292.
- Ruiz, O. V. (2010). *Agaves productores de bebidas alcohólicas en México*. (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México. México.
- Ruvalcaba, M. (1983). El maguey Manso historia de Epazoyucan, Hgo. Universidad Autónoma Chapingo. *Colección Cuadernos Universitarios, Serie ciencias sociales*, 4.
- Rzedowski & Rzedowski. (2001). *Flora fanerogámica del Valle de México*. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Sahagún, B. D. (1907). Códice matritense de la Real Academia de la Historia: Memoriales en tres columnas con el texto en lengua mexicana de cuatro libros (VIII á XI) de los doce que componen la obra general.
- Tinajero, M. J. O. (2009). La vicaría dominica de Tepetlaoxtoc, eremitismo y evangelización ¿Contradicción o complemento? *Estudios de Historia Novohispana*, 41(041).

- Tinto, W. F., Simmons-Boyce, J. L., McLean, S. & Reynolds, W. F. (2005). Constituents of *Agave americana* and *Agave barbadensis*. *Fitoterapia* 76. 594-597.
- Torres, N. M. A. (2013). El pulque: Un producto turístico gastronómico sustentable. *Hospitalidad–ESDAI*, 24. 55-74.
- Urías, J. E., Cani, P. D., Delmeé, E., Neyrinck, A., López, M. G. & Delzenne, N. M. (2008). Physiological effects of dietary fructans extracted from *Agave tequilana* Gto. y *Dasyilirion* spp. *British Journal of Nutrition* 99. 254-261.
- Valadez, M. M. J. (2014). “Pulque limpio” / “Pulque sucio”: disputas en torno a la legitimidad y la producción social del valor. *Revista Colombiana de Antropología*, 50(2). 41-63.
- Valis, D. (2017). *El potencial probiótico del pulque. Potencial probiótico y producción de péptidos antimicrobianos in vitro de bacterias ácido lácticas del pulque. In Protocolo de Investigación Orientado al Estudio del Potencial Probiótico y la Producción de Péptidos Antimicrobianos a Partir del Pulque.* México: Fideicomiso Colegio de Historia de Tlaxcala.
- Vargas, O. A. (2014). *El maguey y el pulque en la región central de México.* México: Fideicomiso Colegio de Historia de Tlaxcala.
- Vargas, A., Matsumoto, Y. & Baquero, R. (2016). *El hidrógeno como fuente de energía ¿Es el pulque una solución? Crónica.* Consultada en <http://www.cronica.com.mx/notas/2011/586809.html>
- Vargas, A., Porras, N., Plaza, M. & Raquel, F. (2004). El maguey en Gundhó, Valle del Mezquital (Hidalgo, México): variedades, propagación y cambios en su uso. *Etnobiología* 4. 54-66.
- Vásquez, T. A. (2009). *Evaluación de dos procesos para la obtención de miel del Agave atrovirens.* (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Buenavista, Saltillo, Coahuila. Consultada en <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/420/60980s.pdf?sequence=1>.
- Vázquez, G. A., Aliphat, F. M. M.; Estrella, Ch. N. G.; Ortiz, T. E.; Ramírez, J. J. & Ramírez, A. M. (2016). El maguey pulquero, una planta multifuncional y polifacética: los usos desde una visión mestiza e indígena. *Scripta Ethnologica*, 38. 65-87.
- Vela, E. (2014). El maguey. México: *Arqueología Mexicana*. Edición especial 57.
- Whitmore T.M. & Turner II B.L. (2001). *Cultivated Landscapes of Middle America on the Eve of Conquest.* Nueva York, U. S. A.: Oxford University Press.
- Williams, B. J. & Ortiz, S. C. A. (1981). Middle American folk soil taxonomy. *Annal Association of American Geographers* 71 (3), 335-358.
- Williams, B. J. (1981). *La clasificación náhua de suelos.* T. In. Rojas Rábiela y WT Sanders (eds.).

- Williams, B. J. & Hicks, F. (2011). *El Códice Vergara: edición facsimilar con comentario: pintura indígena de casas, campos y organización social de Tepetlaoztoc a mediados del siglo XVI*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Yokosuka, A. & Mimaki, Y. (2009). Steroidal saponins from the whole plants of *Agave utahensis* and their cytotoxic activity. *Phytochemistry*. 70. 807-815.

3. LAS CLASES DE TIERRA CAMPESINA EN TEPETLAOXTOC, MÉXICO

3.1. Resumen

En la búsqueda de generar estrategias conjuntas de caracterización, inventario, revaloración y mejoramiento del conocimiento ancestral sobre la clasificación de tierras se realizó esta investigación en Tepetlaoxtoc, Estado de México. El objetivo fue identificar, caracterizar y evaluar taxonómicamente las clases de tierra en una superficie aproximada de 9.2 km², con base en la cartografía de tierras campesinas, así como su estrecha relación con el uso del «metepantle», una práctica agrícola ancestral, que hace referencia al cultivo de maguey pulquero en hileras perpendiculares a la pendiente del terreno. Se logró expresar la taxonomía popular de tierras como una clasificación formal del suelo, organizada en tres diferentes niveles jerárquicos el más alto fue representado por el topónimo tierra, el segundo nivel estuvo constituido por tres categorías monotípicas que corresponden a Tepetatuda, Barro y Amarilla, compuestas por un tercer nivel jerárquico con mayor número de clases de carácter politépicas, como el color y el contenido de arena y arcilla, *que* integraron en total 11 clases de tierras: Tepetatuda roja (Tr), Tepetatuda parda (Tp), Barro blanco (Bb), Barro pardo (Bp), Tepetatuda blanca (Tb), Barro oscuro (Bo), Amarilla (Am), Barro (Ba), Amarilla arenosa (Aa), Tepetatuda Amarilla (Tm) y Amarilla barruda (Ab); en suma a una terminología descriptiva para cada clase así como el diseño, es decir, la pendiente e intervalos vertical y horizontal que posee el «metepantle», ya que representa una estrategia de formación de terrazas sucesivas con bordos cubiertos de las variedades identificadas como Manso (*Agave salmiana* Otto ex Salm.), Verde (*Agave Americana.*), Ayoteco (*Agave salmiana* Otto ex Salm.), Carrizo (*Agave mapisaga* Trel.) y Púa Larga (*Agave* sp), en asociación con árboles, arbustos y cultivos nativos como maíz, frijol, calabaza y avena, entre hileras, que ha provisto, históricamente, la obtención de un abastecimiento comunal, consistente, fundamentado en los usos múltiples del maguey pulquero.

Palabras clave: agave pulquero, clasificación de tierra, «metepantle», tepetate, taxonomía popular.

Tesis de Maestría en Ciencias, Programa de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo, México

Autor: Miriam Galán Reséndiz

Supervisor de Tesis. Rosa María García Núñez

THE CLASSES OF PEASANT LAND IN TEPETLAOXTOC, MEXICO

Abstract

In the search to generate joint strategies of characterization, inventory, revaluation and improvement of ancestral knowledge on land classification, this research was conducted in Tepetlaoxtoc, Mexico State. The objective was to identify, characterize and evaluate taxonomically the land classes in an approximate area of 9.2 km². It was based on the cartography of peasant lands, as well as its close relationship with the use of the metepantle, such as an ancestral agricultural practice, that refers to the cultivation of maguey pulquero in rows perpendicular to the slope of the land. The popular taxonomy of land was expressed as a formal classification of the soil, organized into three different hierarchical levels. The highest was represented by the toponym land, the second level was constituted by three monotypic categories that correspond to Tepetatuda, Barro and Amarilla. The third hierarchical level has a greater number of classes of a political nature, such as the color and content of sand and clay. It integrated in a total of 11 land classes: Tepetatuda roja (Tr), Tepetatuda parda (Tp), Barro blanco (Bb), Barro pardo (Bp), Tepetatuda blanca (Tb), Barro oscuro (Bo), Amarilla (Am), Barro (Ba), Amarilla arenosa (Aa), Tepetatuda Amarilla (Tm) and Amarilla barruda (Ab). In addition a descriptive terminology for each class as well as the design was done, that means, the vertical slope and horizontal intervals of the «metepantle» has, since it represents a strategy of forming successive terraces with boards covered with the varieties identified as Manso (*Agave salmiana* Otto ex Salm.), Verde (*Agave Americana*), Ayoteco (*Agave salmiana* Otto ex Salm.), Carrizo (*Agave mapisaga* Trel.) and Púa Larga (*Agave* sp), in association with trees, shrubs and native crops such as corn, beans, squash and oats, between rows, which has historically provided, the consistent supply of a communal, based on the multiple uses of the maguey pulquero.

Keywords: agave pulquero, classification of land, «metepantle», popular taxonomy, tepetate.

3.2. Introducción

En las comunidades de Tepetlaoxtoc de Hidalgo, Estado de México, desde la época prehispánica, la mayoría de los hombres y mujeres que trabajan el campo, reconocen los distintos tipos de tierra, y pueden diferenciar aquellas altamente productivas de otras de propiedades limitadas (Williams & Ortiz, 1981), y las relaciones que ocurren entre el medio y su propia cultura; conservaron experiencias prácticas basadas en su estilo de vida, tradiciones, relaciones sociales y valores culturales, por ser parte de un pueblo multicultural de grupos con diferentes orígenes, chichimecas, huastecos, mixtecos y acolhuas (Tinajero, 2009). Estos últimos desarrollaron una de las mejores y muy complejas glíficas de Mesoamérica, que se remonta al tiempo histórico de su desarrollo y esplendor (León-Portilla, 2016), con caracteres ideográficos, pictográficos, morfossilábicos y fonéticos, representados por medio de imágenes codificadas que permiten identificar cualquier palabra o proceso, expresados en códigos (Magni, 2014).

En especial la cartografía era muy avanzada (Tinajero, 2009), al ser una representación visual de la acumulación de conocimiento acerca de la tierra constituidos como una articulación dialéctica, dinámica, que evolucionó adaptándose al cambio (Williams & Ortiz, 1981). Los códigos: (1) Kingsborough (2) Vergara y (3) Asunción (Tinajero, 2009), constituyen una representación pictórica de los tipos de suelos sobre las 1 100 parcelas agrícolas como existían en los años 1540's (Ortiz & Gutiérrez, 2001), un testimonio escrito del profundo conocimiento que los ancestros generaron de los conceptos y características de los suelos en la región, debido a que son un registro, catastral y de censo, de una gran variedad de clases de tierras, con base en el tamaño de los agregados, la consistencia y su origen, con representaciones pictóricas de un ambiente volcánico (Gutiérrez, Ortiz, Fernández, Gutiérrez & González ,2017).

Williams (1981), en sus estudios sobre estos códigos encontró más de 40 glifos de diferentes clases de tierras, indicando que, la clasificación azteca de suelos, se usaba con fines administrativos y de manejo. El valor más apreciado, de estas obras radica es su entendimiento e interpretación, de la cual depende la

generación de nueva información que permita comprender mejor la avanzada clasificación y el complejo sistema de notación de los tipos de tierras (Gutiérrez et al., 2017), que permita un cambio en el paradigma del conocimiento y transformación de los sistemas de clasificación del suelo, que existen actualmente.

Sin embargo, el proceso de «culturización» después de la llegada de los españoles fue tan severo, que provocó un cambio en el enfoque de la percepción sobre los suelos, las formas y conceptos, que pudieron ser expresados en estos documentos como una clasificación formal del suelo (Ortiz & Gutiérrez 2001). Gibson (1978), menciona que los nombres náhuatl de las tierras de buena calidad no fueron incorporados al idioma español, mientras que, como política de desprestigio a lo «autóctono», los nombres de tierras de mala calidad, sí fueron incorporados, como sucedió con el Tepetate, mismo que da el nombre al municipio, y el Tequesquite (Tequizquitlalli), producto del agresivo proceso que ha fracturado progresivamente la relación Hombre-Suelo.

En la búsqueda de generar estrategias conjuntas de caracterización, inventario, revaloración y mejoramiento de estos conocimientos ancestral de clasificación de tierra, el objetivo de esta investigación fue identificar, caracterizar y evaluar taxonómicamente las clases de tierra en Tepetlaoxtoc, con base en la cartografía de tierras campesinas, y su estrecha relación con el uso del «metepantle» [concepto formado por los vocablos náhuatl «*metl*», maguey o agave, y «*pantli*», bandera o división (Montemayor, 2009)], una práctica agrícola ancestral, que hace referencia al cultivo de maguey pulquero en hileras perpendiculares a la pendiente del terreno; una estrategia para la formación de terrazas sucesivas con bordos cubiertos de esta especie en asociación con árboles, arbustos y cultivos nativos como maíz, frijol calabaza y algunos introducidos, como trigo y avena, entre hileras; que ha provisto, históricamente, la obtención de un abastecimiento comunal, consistente, de tales cultivos y especies silvestres, toleradas y fomentadas (Aguilar, Enríquez, Rodríguez-Ortiz., Granados & Martínez, 2015); que permitirá su posterior manejo integral, reconociendo su utilidad para la

conservación de la diversidad biológica y cultural de las comunidades, teniendo como condición la cooperación, comunicación e integración de conocimientos.

En Tepetlaoxtoc el cultivo y cultura del agave pulquero pervive en las condiciones ecológicas de las clases de tierra de la región, reflejado en prácticas sociales y productivas, determinadas por la articulación histórica de sus procesos tecnológicos y culturales (González & Meléndez, 2016), así como su impacto en esta región de Mesoamérica, territorio privilegiado, como centro de origen y diversidad del agave, primero, por la selección natural, y, desde hace 9,000 años, por la domesticación, manejo y usos múltiples que los pueblos originarios han desarrollado (Colunga-García, Larqué, Eguiarte, & Zizumbo-Villareal, 2007).

3.3. Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el municipio de Tepetlaoxtoc de Hidalgo, Estado de México, durante el periodo comprendido en el verano de 2016 y el otoño de 2017, como parte del proyecto de Tesis con título Contribución al entendimiento del Sistema Agroforestal con «metepantle» en Tepetlaoxtoc, México, del Programa de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo, en colaboración con el Banco Nacional de Germoplasma Vegetal, México (BANGEV, UACH), el Programa de Edafología del Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas, Campus Montecillo, la Cooperativa de Magueyerías Xóchitl de Tepetlaoxtoc, el Colectivo Chinicuiles y miembros de las comunidades.

3.3.1. Descripción geográfica del área de estudio

El área de estudio en Tepetlaoxtoc, se ubica entre las coordenadas 19° 35' 54" y 19° 24' 30" de N, 98° 50' 02" y 98° 46' 34" W y una elevación entre 2300 y 2469 m (Figura 13), en una diversidad de estructuras geológicas del proceso volcánico-tectónico comprendido entre el final del periodo Paleozoico y durante el Mesozoico, que resulto en paisajes de lomeríos y planos aluviales (Gutiérrez et al., 2017). Pertenece a la Cuenca Pánuco, Subcuenca Río Moctezuma, con las corrientes intermitentes Río Hondo y Río Sila [Instituto Nacional de Estadística y

Geografía (INEGI, 2010)]. El clima corresponde al tipo BS(c)wk'g, de acuerdo con la clasificación de Köppen, modificado por García, (1973), con temperatura media anual de 15.5°C, máxima de 26.9°C y una mínima de 3.9°C. Los suelos reportados son Phaeozem, Vertisol (Gutiérrez et al., 2017), Andosol, y Umbrisol (INEGI, 2010), en donde se cultiva agave pulquero en hileras perpendiculares a la pendiente del terreno y principalmente maíz, frijol, calabaza y haba entre hileras bajo agricultura de temporal con algunos cultivos introducidos como la avena, al mismo tiempo destinadas la zona urbana y la minería.

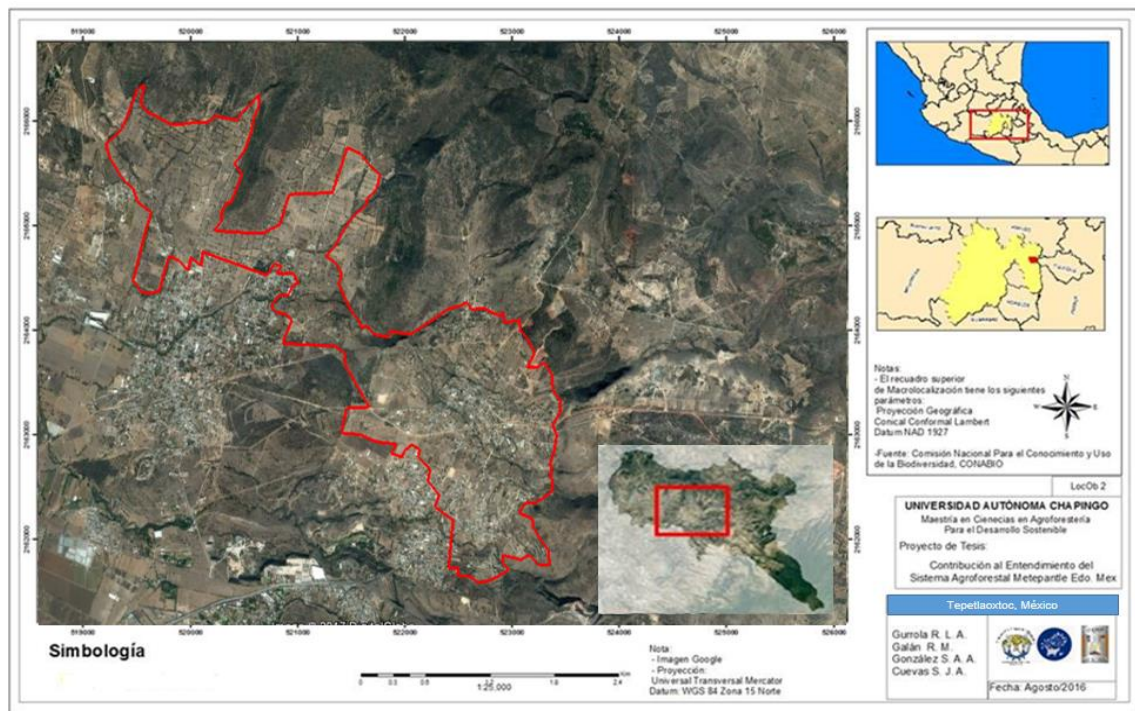


Figura 13. Localización área de estudio en Tepetlaoxtoc, Estado de México.

3.3.2. Cartografía de las clases de tierra campesina

La cartografía de clases de tierras campesinas se realizó con la metodología propuesta por Ortiz, Pájaro y Ordaz (1990), que consistió en el uso de imágenes satelitales de Google Earth®, Escala 1:10000 para la elaboración del mapa base. La identificación y delimitación de las clases de tierras se basó en 1) recorridos parcelarios y 2) entrevistas a informantes que trabajan el agave pulquero. El

número de entrevistados fue variable en los diferentes recorridos, ya que esto dependió de la repetición de la información proporcionada (Geilfus, 2002).

3.3.3. Taxonomía campesina de las clases de tierra

El análisis taxonómico de las características del suelo observadas por los productores en campo tales como color, textura, consistencia en húmedo, consistencia en seco, retención de humedad, oportunidad para el laboreo y fertilidad del suelo, se elaboró una terminología descriptiva de las clases de tierras campesinas identificadas, constituida por criterios de diferenciación, características, usos y peculiaridades de Metepanlte. La presencia de niveles jerárquicos que cumplen con los principios propuestos por Berlin, Breedlove & Raven. (1973) y Kay (1971) para considerar la taxonomía como formal se obtuvieron mediante pruebas de inclusión, con preguntas como ¿pertenece Y a la clase X? (Ortiz & Gutiérrez, 2001).

3.3.4. Evaluación cuantitativa de niveles jerárquicos de las clases de tierra campesina

Este análisis se elaboró con base en la Distancia Euclidiana a partir de las propiedades de suelos: carbono orgánico (Walkley-Black), pH 1:1 en agua, densidad aparente, clase textural (método de la pipeta), Conductividad Eléctrica y Capacidad de Intercambio Catiónico (acetato de amonio), de la capa arable, analizadas en el laboratorio, así como el número de variedades de agave pulquero presentes en cada clase, con los cuales se distinguieron los conglomerados presentes en la clasificación de tierras campesina, con el uso del programa estadístico Statgraphics Centurion© XVI versión 1.11. Se aplicó el Análisis de Conglomerados (Análisis Clúster) y el Análisis del Componente Principal con base en la metodología sugerida por Dallas (2004), para evaluar en forma cuantitativa los niveles jerárquicos, con base al método del Vecino Más Cercano, que maximiza las relaciones entre una pareja de agrupamientos., que forma parte del análisis multivariado.

3.3.5. Caracterización del cultivo del agave pulquero

La caracterización se realizó en las clases campesinas de tierra encontradas en el área de estudio a través de la selección de 33 transectos de muestreo, 3 por clase de tierra, ubicados en un muestreo a conveniencia, en las parcelas que los informantes consideraron como representativas de los sistemas agroforestales con «metepantle», debido a que las clases poseen más usos, urbano, minero, pecuario. Los transectos fueron de 30 metros de largo, perpendiculares a la pendiente del terreno, con un ancho que dependería de la distancia más grande del diámetro de penca abierta del maguey más ancho del transecto, además se dejaron 2 metros al inicio de cada transecto para evitar el efecto orilla.

Para el diseño de las hileras de agave se consideró al «metepantle» como equivalente al de la terraza de formación sucesiva, conocida como una importante obra de conservación de suelo y agua. Los elementos considerados fueron el espaciamiento (m) entre hileras de maguey pulquero, de cada uno de los transectos y repeticiones, el espaciamiento entre agaves y la pendiente (%), con la cual se calculó el intervalo vertical y horizontal ideal. El intervalo vertical (IV). Es la diferencia de nivel que se observó entre las hileras de agave pulquero, superior e inferior del transecto. Se calculó utilizando la ecuación (1).

$$\text{Ecuacion (1)} \rightarrow IV = \left(2 + \frac{P}{3}\right) (0.305)$$

Dónde. IV es el intervalo vertical (m); P es la pendiente media del terreno (%); 3 es un factor que se utiliza en áreas donde la precipitación anual es menor de 1,200 mm; y 0.305 es el factor de conversión de unidades (pies a metros).

El Intervalo horizontal (IH). Es la distancia observada entre una hilera de agave pulquero y se estimó utilizando la ecuación (2).

$$\text{Ecuación (2)} \rightarrow IH = \frac{IV}{P} (100)$$

Dónde: IH es el intervalo horizontal (m); IV es el intervalo vertical (m); y P es la pendiente del terreno (%).

3.4. Resultados y discusión

3.4.1. Cartografía de las tierras campesinas en Tepetlaoxtoc

Las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, Estado de México, se identificaron y delimitaron en imágenes satelitales de Google Earth®, de la región de estudio, de una superficie aproximada de 9.2 km². Las clases de tierra observadas fueron: Tepetatuda roja (Tr), Tepetatuda parda (Tp), Barro blanco (Bb), Barro pardo (Bp), Tepetatuda blanca (Tb), Barro oscuro (Bo), Amarilla (Am), Barro (Ba), Amarilla arenosa (Aa), Tepetatuda Amarilla (Tm) y Amarilla barruda (Ab), que de acuerdo con Ortiz y Gutiérrez (2001), demostró los productores poseen conocimientos cartográficos útiles para la generación del mapa de tierras, utilizado como referente geográfico común entre sus intereses y los de los investigadores, en relación al cultivo de agave pulquero, de tal manera que, de acuerdo con Pájaro (2009), la percepción del paisaje por los campesinos, herederos del conocimiento cartográfico mesoamericano, se ha plasmado bajo este planteamiento (Figura 14).

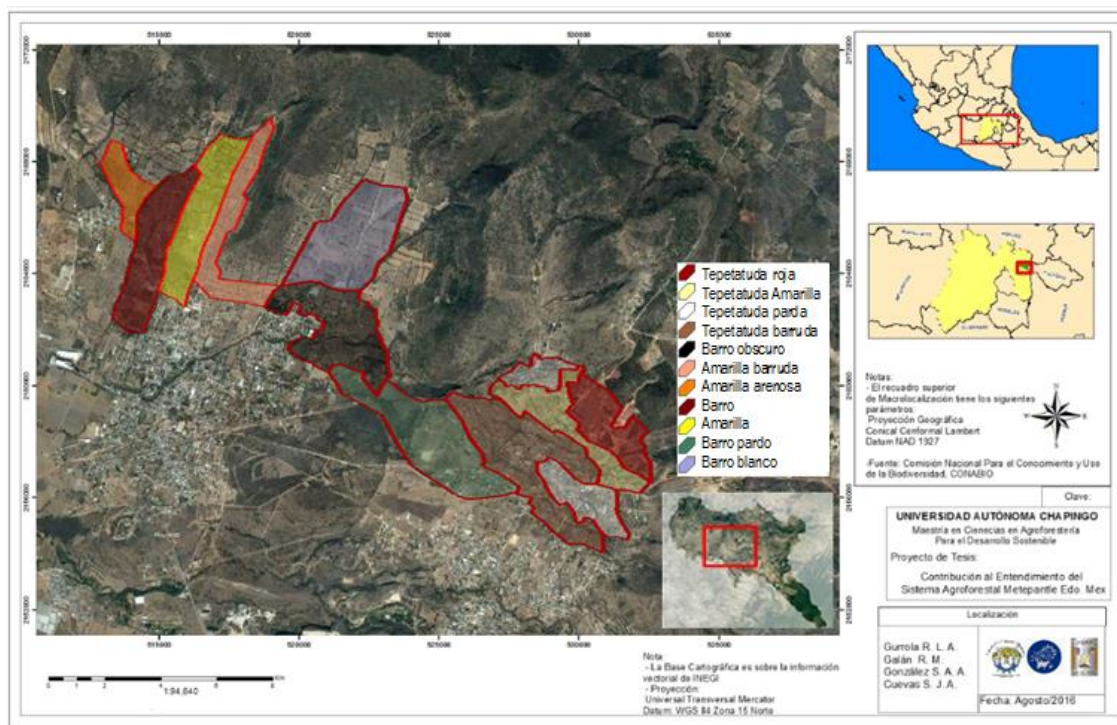


Figura 14. Clases de tierra campesinas en Tepetlaoxtoc, Estado de México.

La clase de tierra que ocupó mayor superficie en el mapa fue la Tepetatuda amarilla, con el 18.84 %, seguida del Barro con 16.62%, mientras que la clase Tepetatuda roja solo representó el 2.09%, con tan solo 0.192 km² de extensión (**¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.**), que de acuerdo con Pájaro (2010) este tipo de mapa de tierra, tal como los prehispánicos mesoamericanos, está basado en una proyección humanística o social, que muestran un territorio e historia particular, en los que la presencia humana es la que ha definido el espacio, tanto por la asignación de nombres como por el movimiento explícito al reconocer clases de tierras y describir características distintivas o identificar problemas específicos, que se convierte en la herramienta práctica que incluye temas técnicos y del ámbito cultural.

Cuadro 1. Extensión y porcentaje de superficie por clase de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, Estado de México.

Clase de tierra	Clave	Superficie (Km ²)	Superficie (%)
Tepetatuda roja	Tr	0.192	2.09
Tepetatuda parda	Tp	0.405	4.40
Tepetatuda barruda	Tb	0.604	6.56
Tepetatuda Amarilla	Tm	1.734	18.84
Amarilla arenosa	Aa	0.398	4.33
Amarilla	Am	0.726	7.89
Barro pardo	Bp	0.945	10.27
Barro	Ba	1.529	16.62
Barro obscuro	Bo	0.689	7.49
Amarilla barruda	Ab	0.826	8.98
Barro blanco	Bb	1.154	12.54

Lleverino, Ortiz y Gutiérrez (2000) concluyen que, el mapa de clases de tierras, para el ejido de Atenco, Estado de México, es preciso y exacto y, por lo tanto, recomiendan este procedimiento cartográfico a manera de una alternativa para generar mapas de suelos de calidad en México, ya que, como menciona Pájaro (2009), apoyan a cualquier interesado a estar al nivel de percepción de los

campesinos, que es capaz de transmitir el conocimiento de la dinámica ambiental y de tomar forma a través de un mapa cognitivo, que, en este contexto Liconavargas, Ortiz-Solorio, Gutiérrez-Castorena, y Manzo-Ramos (2006) mencionan genera el medio de comunicación, dentro y entre comunidades, para transferir conocimientos y tecnologías.

3.4.2. Taxonomía campesina de las Clases de Tierras

Con base en los principios propuestos por Berlin et al. (1973) y Kay (1971) se demostró que los productores de agave pulquero en Tepetlaoxtoc, poseen un conocimiento profundo sobre las características del recurso suelo y las técnicas que se utilizan para hacer frente a estas propiedades, esto significa como indicaron Ortiz y Gutiérrez (2001) que el conocimiento cuenta con una organización en tres niveles jerárquicos, una nomenclatura propia y existe una relación marcada entre ambos (Figura 15).

Se estableció que el nivel jerárquico más alto o iniciador único fue tierra; el segundo nivel o forma de vida estuvo representado por tres categorías monotípicas, es decir, las Tierras (1) Tepetatuda, el concepto este asociado al tepetate, que a pesar de ser un material intemperado, los campesinos lo consideran como otra de sus tierras porque, sobre los diferentes tipos de la región existe una capa de tierra con características peculiares (López, De Jesús, Cortés, & Gómez, 2015) para el cultivo de agave. (2) Barrosas y (3) Amarillas; y, el tercer nivel jerárquico estuvo compuesto por un mayor número de clases de carácter politépico: en el caso de la tierra Tepetatuda se encontró: (a) Roja, (b) parda, (c) blanca y (d) amarillas; en la Tierra Barro (e) legítimo, (f) blanco, (g) pardo y (h) oscuro; y, en la tierra Amarilla (i) arenosa y (j) Barruda; que en conjunto constituyen una taxonomía popular de tierras, que se logró-expresar términos de una clasificación formal del suelo, porque, de acuerdo-Sotelo y Ortiz (2001) la experiencia de los productores ha servido como herramienta clave en la identificación de las clases de tierra, porque describe y clasifica a los suelos de manera detallada y precisa. En este contexto los resultados concuerdan con otras investigaciones realizadas por Ortiz y Gutiérrez (1999); Alfaro, Ortiz, Tavarez,

Gutiérrez y Trinidad (2000); Ortiz y Gutiérrez (2001); Solorio, Garza y Huertas (2001.); Licona-Vargas et al. (2006); Montalvo (2014); Galán y Rodríguez (2015); Gutiérrez, Ortiz, Fernández, Gutiérrez, & González (2017), en México.

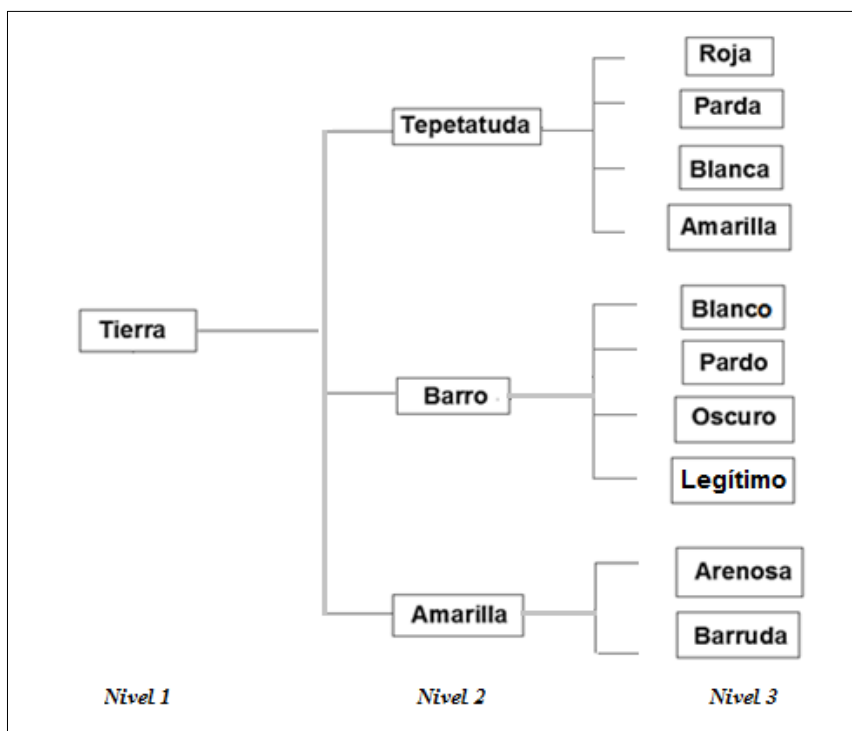


Figura 15. Niveles jerárquicos y nomenclatura de las clases de tierra campesina, en Tepetlaoxtoc, Estado de México.

Las características del suelo observadas por los productores de maguey pulquero en Tepetlaoxtoc se muestran en la retención de humedad de nula a alta; oportunidad para el laboreo de tierras secas duras, con afloramiento de tepetate, de fácil hasta las clases de tierra que con exceso de humedad se vuelven resbalosas y pegajosas; y, la fertilidad del suelo en términos de aportación de los cultivos así como la abundancia y dulzura del aguamiel extraído.

Cuadro 2, que de acuerdo con Williams y Ortiz (1981) y Ortiz y Gutiérrez (2001) el nombre de la clase de tierra fue para las clases de tierra en Tepetlaoxtoc, una etiqueta con un significado, amplio, relacionado con los atributos del color café, negro, amarillo, pardo, blanco y rojo; textura arenosa, arcillosa, lamosa y la combinación de las primeras dos; consistencia en seco en un intervalo que va de suelta a dura, y, en húmedo de no a muy pegajosa; retención de humedad de

nula a alta; oportunidad para el laboreo de tierras secas duras, con afloramiento de tepetate, de fácil hasta las clases de tierra que con exceso de humedad se vuelven resbalosas y pegajosas; y, la fertilidad del suelo en términos de aportación de los cultivos así como la abundancia y dulzura del aguamiel extraído.

Cuadro 2. Características del suelo observadas por los productores de maguey pulquero en las clases de tierra campesina de Tepetlaoxtoc, México.

Clase	Color	Textura	Consistencia en húmedo	Consistencia en seco	Retención de humedad	Oportunidad para el laboreo	Fertilidad del suelo
Aa	Amarillenta	Arenosa	No pegajosa	Suelta	No retiene	Seca es dura	Se adaptan los cultivos de maguey pulquero, maíz y calabaza
Ab	Café amarillenta	Arcillosa	Lig. Pegajosa	Suave	Media	Seca es dura	Todos los cultivos prosperan, posee una alta dulzura el aguamiel producido por el maguey
Am	Amarilla	Arcillosa con arenas	Pegajosa	Mod. dura	Media	Fácil labranza	Todos los cultivos prosperan las variedades de maguey producen una alta dulzura en el aguamiel
Ba	Café oscura	Arcillosa	Muy pegajosa	Suave	Alta	Fácil labranza	Todos los cultivos prosperan, abundancia de quelites y producción de aguamiel
Bb	Blanquizca	Arcillosa con arenosa	Pegajosa	Mod. Dura	Media	Fácil labranza	Todos los cultivos prosperan, el maguey provee abundante aguamiel.
Bo	Negra	Arcillosa	Muy pegajosa	Suave	Alta	Seca es dura y con humedad excesiva su vuelve pastosa	Todos los cultivos, prosperan y se obtiene una abundante producción de aguamiel
Bp	Pardo	Arcillosa	Pegajosa	Dura	Alta	Con excesiva humedad se vuelve resbalosa	Todos los cultivos prosperan, el maguey se encuentra en etapas tempranas
Tb	Blanquizca	Arenosa	Lig. pegajosa	Dura	Media	Seca es muy dura	Solo existen plantaciones de maguey pulquero y huertos familiares
Tm	Amarilla	lamosa	Lig. pegajosa	Mod. dura	Media	Fácil labranza	Todos los cultivos prosperan, el aguamiel es moderadamente dulce

Tp	Parda	Arenosa	Lig. pegajosa	Dura	Media	Fácil labranza, en temporada seca es duro	Se siembra maíz, frijol, haba, calabaza y algunos frutales, las variedades de maguey poseen abundante producción de aguamiel
Tr	Rojiza	Arenosa	No pegajosa	Dura	No retiene	Suelo delgado, duro, con fragmentos de tepetate	Se cultiva maíz y frijol, el maguey pulquero posee una alta calidad de dulzura en el aguamiel-

Resultados similares de estas diferencias reportados por Licona-Vargas et al, (2006) indicaron, sirven a los productores para reconocer la calidad y adaptar tecnologías, ya que, se enfocan hacia el comportamiento de la relación suelo-planta ante las diversas condiciones del medio, con base en ventajas y limitantes ambientales y edáficas de cada clase de tierra para el crecimiento y desarrollo del agave pulquero en Tepetlaoxtoc.

Estas características cualitativas en la clasificación y asignación de un nombre a las clases de tierra campesina, pudieron ser expresadas en una terminología descriptiva (**¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.**), cuyos criterios de diferenciación fueron: el color, en las clases Amarilla, Tepetatuda roja y Barro oscuro; la presencia de tepetate, en las clases Barro blanco, Tepetatuda amarilla y Tepetatuda parda; la textura, en Barro (legítimo); y la combinación de estas propiedades en Amarilla arenosa, Amarilla barruda, Barro oscuro, Barro pardo y Tepetatuda barruda, como señalo Berlin et al. (1973).

Los datos obtenidos resultaron ser una guía, casi perfecta, de la estructura taxonómica popular del suelo, que fue creada a través de un proceso inductivo, es decir, por una abstracción jerárquica de los miembros de la misma clase, sin existir una regla previa (Ortiz & Gutiérrez, 1999), que permitió agrupar, en suma a estos criterios: las características generales de profundidad, dureza, afloramiento de tepetate y presencia de «tepalcates»; los usos de la tierra agrícola, pecuario, urbano, minero y ecoturístico; y, dada la diversidad de usos que se le puede dar al conocimiento que poseen los agricultores de una región (Sánchez, Ortiz, Gutiérrez & Gómez 2002.), las peculiaridades del «metepantle»,

es decir, las formas de cultivo, variedades de maguey pulquero y principales cultivos entre hileras.

Cuadro 3. Terminología descriptiva de las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, Estado de México.

Clase de tierra	Criterios de diferenciación	Características	Uso	Peculiaridades del «metepantle»
Aa	El color amarillo y el contenido de arena	Color amarillo, textura arenosa, poco profundos, ligeramente endurecidos, con presencia de tepalcates	Agrícola, pecuario, urbano, ecoturismo	El maguey pulquero utiliza en linderos y cultiva en sentido contrario a la pendiente del terreno, las variedades de maguey manso y verde con cultivos entre hileras de maíz y avena
Ab	El color amarillo y el contenido arcilla	De color café amarillento, textura arcillo, moderadamente profundo, con presencia de tepetate color amarillo	Agrícola, pecuario, urbano	El maguey manso, verde y carrizo, con cultivos entre hileras de maíz, se utiliza en linderos
Am	El color amarillos	De color amarillo, con textura arcillosa con arenas, poco profundos, con presencia de tepetate amarillo y de tepalcates	Agrícola, pecuario, urbano	El maguey pulquero es de los tipos manso y verde con cultivos entre hileras de maíz, frijol, haba y avena, también se utiliza como linderos
Ba	El contenido de arcilla	De color café oscuro, de textura arcillosa, profundos, con presencia de tepalcates	Agrícola, pecuario, urbano, ecoturismo	Se utiliza como linderos el maguey manso, verde, ayoteco y carrizo, Cunado se cultiva en hileras los cultivos entre hileras corresponden a maíz, frijol, avena, haba y calabaza
Bb	La presencia de tepetate blanco	Es de color negro blanquizo con textura arenosa, poco profunda con tepetate de color blanco	Agrícola, pecuario	El maguey pulquero utiliza en linderos y cultiva en hileras sentido contrario a la pendiente del terreno, las variedades maguey manso, verde, carrizo, ayoteco y púa larga
Bo	El contenido de arcilla y el color negro oscuro	De color negro obscuro, textura muy arcillosa, profundo, con presencia de tepalcates	Agrícola, pecuario	Se utiliza en linderos y como cultivo en hileras en sentido contrario a la pendiente del terreno, las variedades de agave pulquero utilizadas son las que popularmente se conoce como maguey manso, verde, ayoteco y púa larga, con cultivos entre hileras de maíz y avena
Bp	El contenido de arcilla y el color pardo	Es de color pardo, textura arcillosa, moderadamente profunda, con presencia de tepalcates	Agrícola, pecuario, urbano, ecoturismo	En linderos y en forma de cultivo en hileras en sentido contrario a la pendiente del terreno, las variedades de agave pulquero utilizadas son las que popularmente se conoce como maguey manso, verde, carrizo y Ayoteco con cultivos entre hileras de avena
Tb	El contenido de arcilla y la presencia de tepetate blanco	Es de color negro, textura arcillosa, delgada tiene contacto con el tepetate blanco	Agrícola, pecuario	Se cultiva en hileras en sentido contrario a la pendiente del terreno, las variedades de agave pulquero utilizadas son maguey manso y verde, ayoteco y carrizo
Tm	La presencia de tepetate amarillo	Color amarillo, textura lamosa poco profundos, con	Agrícola, pecuario, urbano	Las variedades de agave pulquero utilizadas son las que popularmente se conoce como maguey manso, verde y ayoteco, con cultivos entre hileras de maíz y frijol. También se usan como lindero

		afloramiento de tepetate y presencia de tepalcates		
Tp	La presencia de tepetate pardo	Es de color café pardo, textura arcillosa, ligeramente profunda por la presencia de tepetate color pardo, con presencia de tepalcates	Agrícola, pecuario, urbano,	El maguey pulquero utiliza en linderos y se cultiva en hileras en sentido contrario a la pendiente del terreno, las variedades utilizadas son de maguey manso, verde, púa larga.
Tr	El color rojo	Es rojiza delgada, con afloramiento de tepetate y fragmentos de roca	Agrícola, pecuario, urbano, minería	El maguey pulquero se utiliza en linderos y se cultiva en hileras en sentido contrario a la pendiente del terreno, las variedades utilizadas son las que popularmente se conoce como maguey manso, verde, púa larga, con cultivos entre hileras de maíz, frijol y calabaza

3.4.3. Evaluación cuantitativa de los niveles jerárquicos de las clases de tierra campesina

La evaluación cuantitativa de los niveles jerárquicos de la taxonomía popular de tierras permitió probar la validez de la diversidad de opiniones sobre el recurso suelo, que como menciona Pájaro (2010) fueron resultado de multitud de influencias a las que han estado sometidos los hombres que trabajan el campo en Tepetlaoxtoc, que incluye la creación dialéctica de una síntesis a partir de la tesis y antítesis. Se realizó con los valores medios de las propiedades de la capa arable del suelo, determinadas en laboratorio. Los datos obtenidos se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Valores promedio de las propiedades de los suelos que caracterizan a las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, Estado de México.

Clase	pH	MO (%)	CE (dS.m ⁻¹)	CIC	Dap (g.cm ⁻³)	Clase textural	Nº Var de a. pulquero
Tr	7.12	2.91	0.22	41	1.39	Franco arcillo arenoso	3
Tp	6.35	0.88	0.10	13	1.42	Franco arcillo arenoso	2
Tb	6.82	1.40	0.11	20	1.43	Franco arcillo arenoso	4
Tm	6.55	0.78	0.08	14	1.38	Franco arcillo arenoso	4
Aa	7.47	2.06	0.17	46	1.42	Franco arcillo arenoso	5
Am	6.75	1.76	0.27	25	1.36	Franco arcilloso	4
Bp	7.00	1.14	0.23	21	1.64	Franco arenoso	2
Ba	6.41	1.99	0.30	26	1.35	Franco arcillo arenoso	4
Bo	6.97	1.47	0.26	23	1.52	Franco arenoso	2

Ab	7.20	1.97	0.23	42	1.21	Arcillo limoso	3
Bb	6.70	1.19	0.17	21	1.37	Franco arcillo limoso	3

Nota. pH: potencial de Hidrogeno; MO: Materia orgánica; CE: Conductivas eléctrica; CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico; Dap: Densidad aparente; 1. Maguey Manso, 2. Maguey Verde, 3. Maguey Ayoteco, 4. Maguey Carrizo, 5. Maguey Púa Larga.

Los valores de pH tuvieron un intervalo de 6.35 a 7.47, de neutrales a ligeramente alcalinos; materia orgánica con contenido que varía de 0.78 a 2.91 %, de muy bajo a moderadamente alto; conductividad eléctrica entre 0.08 y 0.30 dS m⁻¹; capacidad de intercambio catiónico con valores de 13 a 46 Cmol (+) Kg⁻¹, de acuerdo con la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2014, corresponden a valores bajos que indican una baja habilidad de retener nutrientes; densidad aparente de 1.21 a 1.64 g/cm³, valores que indicaron los suelos del área de estudio van de moderadamente a poco compactados, lo que permite una buena permeabilidad (Briggs, Busacca & McDaniel, 2006); clase textural que corresponden a franco arcilloso, franco arenoso, arcillo limoso y, predominantemente, franco arcillo arenoso, que los caracteriza como suelos adhesivos, con infiltración regular a deficiente, capacidad de retención de humedad de media a alta y una aireación regular (Rodríguez, 2013); con una cantidad de 2 a 5 variedades de agave pulquero presentes en los transectos dependiendo la clase de tierra campesina evaluada. La organización de los niveles jerárquicos obtenidos mediante el Análisis de Conglomerados (Cluster) en el programa Statgraphics Centurion XVI® se muestran en el Dendrograma de la Figura 16, que de acuerdo al Método de Wards formaron dos grandes grupos de clases de tierra: (1) el de los tepetates, que comprende a las clases de tierra campesinas Tr, Tm, Tc, Bl, y (2) el de los suelos barrosos y amarillos con las clases Tb, Pa, Ba, Bp, Mb, Aa, Am. Lo anterior mostro la existencia de un conocimiento preciso de los campesinos, que puede organizarse a diferentes niveles jerárquicos, como una taxonomía formal.

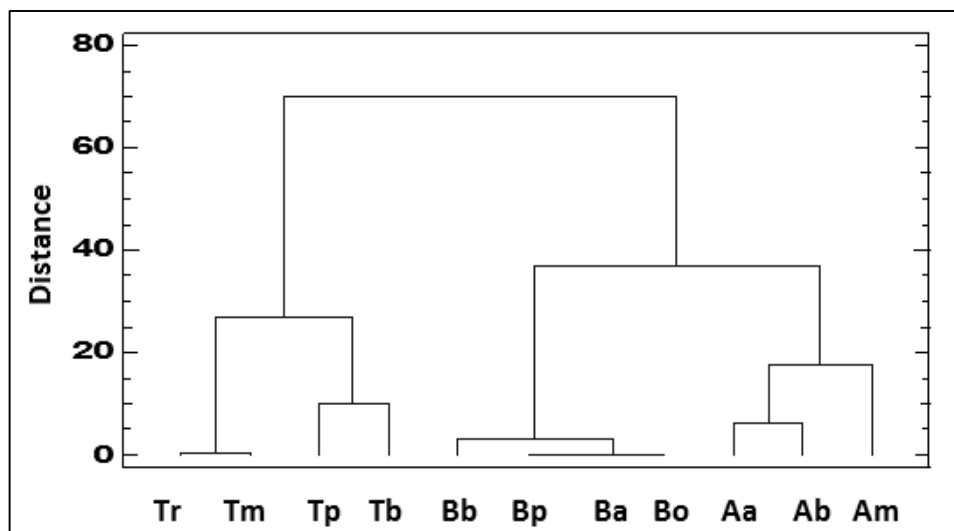


Figura 16. Dendrograma de análisis de conglomerados para las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, Estado de México.

El análisis del componente principal, que contienen 76.4% de la variación total, mostro las propiedades del suelo que diferencian cada tipo. Las clases de tierra Am, Ab y Ba en el primer cuadrante con las propiedades de materia orgánica, conductividad eléctrica y clase textural; las clases Tr y Aa por la CIC, el pH y numero de variedades de agave pulquero por transecto; Tp, Tm y Tb en el tercer cuadrante; y, Bp Bb y Bo en el cuarto cuadrante con la propiedad densidad aparente con cercanía a las características de la clase textural y la conductividad eléctrica del primer cuadrante (Figura 17).

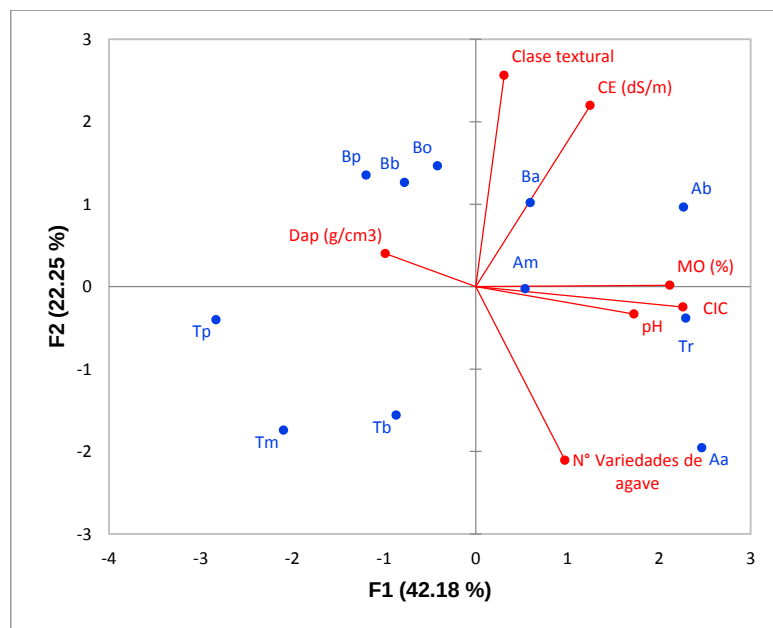


Figura 17. Análisis del componente principal para las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, Estado de México.

En general, existe una alta relación entre las clases de tierra analizadas, no obstante, se observan extremos de la variación que corresponden a las clases Tp, Tm y Tb, que, de acuerdo con Gaspar y Pérez (2009); el diagrama de variables expone el grado de asociación entre propiedades del suelo, el cual está determinado por la separación angular que forman sus proyecciones; además considera la distancia de cada variable a partir del origen, teniendo mayor contribución mientras más alejada se encuentre de éste.

El conocimiento local de tierras, organizado a diferentes niveles jerárquicos, con una nomenclatura propia y una terminología descriptiva por clase de tierra, al ser evaluado cuantitativamente respecto a las propiedades de la capa arable, resulta ser una alternativa para diferenciar y agrupar los suelos, lo que permitirá definir el potencial agrícola, ya que, como mencionan Alfaro et al. (2000) ambas se complementan.

3.4.4. Caracterización del cultivo de agave pulquero

En el Cuadro 5 se muestra el diseño observado de las hileras de agave pulquero respecto a las características evaluadas, al considerar a los «metepantles» de

Tepetlaoxtoc una estrategia de formación de terraza de orígenes ancestrales (Rojas, 1991) estabilizadas con bordos cubiertos de maguey. La pendiente varió de 1.9 a 17% en las Clases Bp y Tr respectivamente; el espaciamiento entre agave varió de 2.5 a 4.5 m, de Am y Bp, el Intervalo vertical tuvo un rango de 0.80 a 2.35 m entre Bp y Tr y el Intervalo horizontal de 13.73 a 42.27 m, de Tr a Bp, mientras la densidad de población de agave fue de 7, Tp y Tm, y 13 en Bo, por transecto de 30 m. Las estructuras de las terrazas presentan ciertas diferencias según el grado de modificación de la pendiente y la complejidad de las obras realizadas de acuerdo con Soto (2000); que modifica ligera y paulatinamente la pendiente mediante la elevación del bordo. Los bordos resultaron ser el resultado de la acumulación de tierra que forman un tipo de barda de contención en la parte alta de los «metepantles», cuyo objetivo es detener el suelo (Sánchez-Morales, Ocampo-Fletes, Sánchez-Hernández & Martínez-Saldaña 2008).

Esta práctica agrícola ancestral, es vigentes, ya que, como menciona Pérez-Sánchez y Juan-Pérez (2016), su diseño contribuye al desarrollo de sistemas sustentable, debido a que se enfocan al conocimiento de los campesinos para el manejo del ambiente y suelo, como concluyen Moctezuma, Pérez y Rivera (2015). En suma, al «beneficio ecológico» que representan (Nieto, Reynoso, Cruz & González 2013) el cultivo de maguey pulquero es por sí mismo hospedero de animales e insectos benéficos para los cultivos, entre los animales que atrae se encuentran abejas, colibríes, avispas, palomillas y murciélagos, que realizan un destacado papel en la polinización (Gómez-Ruiz, Jiménez, Flores-Maldonado, Lacher & Packard, 2015), en el suelo adyacente a los magueyes pueden encontrarse ratones, cacomixtles, liebres, armadillos (Narváez, Martínez & Jiménez, 2016).

Cuadro 5. Valores promedio diseño de las hileras de agave pulquero y variedades en las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, Estado de México.

Clave	P	IV	IH	EA	Variedades	Dp	Cultivos
Tr	17.1	2.35	14	3	1, 2 y 5	8	Ninguno
Tp	4.9	1.11	23	3.8	1 y 2	7	Ninguno

Tb	1.9	0.8	42	2.6	1, 2, 3 y 4	12	Ninguno
Tm	9.6	1.59	17	3.5	1, 2, 3 y 4	8	Ninguno
Aa	7.0	1.32	19	3.5	1, 2, 3, 4 y 5	9	Ninguno
Am	7.7	1.39	18	4.5	1, 2, 3 y 5	13	Maíz y frijol
Bp	5.0	1.12	22	2.5	1 y 2	12	Avena
Ba	3.7	0.99	27	2.6	1, 2, 3 y 4	9	Maíz y calabaza
Bo	6.1	1.23	20	3.0	1 y 2	10	Avena
Ab	8.4	1.46	17	4.5	1, 2 y 3	7	Maíz
Bb	6.7	1.29	19	3.0	1, 2 y 4	10	Ninguno

Nota: P. Pendiente (%); Eh. Espaciamento entre hilera (m); EA. Espaciamento entre Agave (m); IV. Intervalo vertical (m); IH. Intervalo horizontal (m); Dp. Densidad de población.

Se diferenciaron las variedades que popularmente se conocen como (1) Maguey Manso (*Agave salmiana* Otto ex Salm.), (2) Maguey Verde (*Agave americana* sp.), (3) Maguey Ayoteco (*Agave salmiana* Otto ex Salm.), (4) Maguey Carrizo (*Agave mapisaga* Trel.) y (5) Maguey Púa Larga (*Agave* sp.), especies que han sido utilizadas para satisfacer y complementar una serie de necesidades básicas como material para construcción, la obtención de miel, fibra, combustible, insectos y la alimentación del ganado (Aguilar et al., 2015), es una planta de la cual se pueden aprovechar todas sus partes (Anderson, Calvo, Serrano, & Payne, 2009), incluso sus plagas (Luna, 2009; Montes de O, 2011; Madrigal, García & Velázquez, 2014), en diferentes comunidades y culturas originarias de acuerdo con Colunga-García et al, 2007, que han construido, ancestralmente, una profunda relación Hombre-Agave, haciéndose notar por su importancia, cultural, ecológica y socioeconómica, así como por los múltiples usos que ofrece según su distribución en el espacio, como indicaron Narváez et al., (2016).

Las variedades de agave pulquero identificaron en las hileras perpendiculares a la pendiente del terreno, pero también se pudieron observar en los linderos y dispersos entre otros cultivos, tal como mencionó Pérez-Sánchez y Juan-Pérez (2016). Para que funcionen óptimamente, los campesinos han intercalado estas variedades con algunos árboles y arbustos de uso múltiple, ya que en el caso de las raíces funciona compactando el bordo y evitan se deteriore resultados

similares de acuerdo con Sánchez-Morales, et al. (2008); Moreno, Toledo y Casas (2013); y Avendano-Gómez et al. (2015) que mencionan esto permite un mejor aprovechamiento del terreno y aporta beneficios ecológicos al reducir la erosión del suelo (Álvarez-Duarte, García-Moya, Suárez-Espinosa, Luna-Cavazos, & Rodríguez, 2018).

El principal cultivo, que se ha observado entre las hileras de agave pulquero, es el maíz (*Zea mays* L.), seguido de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), calabaza (*Cucurbita pepo* L.), haba (*Vicia faba* L.) y avena (*Avena sativa* L), tal como mencionaron Mora-López, Reyes-Agüero, Flores-Flores, Peña-Valdivia, Aguirre-Rivera (2011) y Madrigal-Lugo, Velázquez-Loera, García-Moya, Sánchez-Lozada y Ramírez-González, (2013) para otras comunidades pertenecientes a Mesoamérica, sin embargo, en las seis clases restantes ningún cultivo se observó, ya que, en palabras del productor, se debe a que el periodo de la investigación perteneció a un temporal seco, en comparación con otros que les permite sembrar entre hileras de maguey. Sánchez (2012); concluyó que en algunos sistemas agrícolas con «metepantle» los campesinos cultivan maíz criollo mediante la observación de las fases lunares, la nubosidad y se guían en la floración de ciertos árboles frutales como indicadores de una «buena temporada agrícola».

3.5. Conclusiones

Se identificaron, caracterizaron y evaluaron 11 clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, que demostraron la existencia del conocimiento amplio que poseen los productores de agave pulquero sobre el recurso suelo, que pudo expresarse en una terminología descriptiva como una clasificación formal del suelo organizada a diferentes niveles jerárquicos en términos de las características propias de sus terrenos a través del tiempo, así como las de los vecinos, y lo que ocurre sobre ellos.

El nivel más alto de la taxonomía popular del suelo, corresponde a Tierra; el segundo nivel estuvo representado por tres categorías monotípicas, es decir, las tierras Tepetatuda, Barrosas y Amarillas; y, el tercer nivel jerárquico que presento mayor número de clases de carácter politípicas, que se logró expresar en una terminología descriptiva para cada clase de tierra.

Las estructuras de las terrazas presentan ciertas diferencias según el grado de modificación de la pendiente, los bordos resultaron ser el resultado de la acumulación de tierra que forman un tipo de barda de contención en la parte alta de los metepantles, cuyo objetivo del diseño es contribuir al desarrollo de sistemas agrícolas sustentable debido el «beneficio ecológico» que representan.

Se observaron las variedades de agave pulquero que popularmente se conocen como, Maguey Manso (*Agave salmiana* Otto ex Salm.), Maguey Verde (*Agave americana* sp.), Maguey Ayoteco (*Agave salmiana* Otto ex Salm.), Maguey Carrizo (*Agave mapisaga* Trel.) y Maguey Púa Larga (*Agave* sp.), las primeras dos variedades presentes en todas las clases de tierra, en contraste con el Púa Larga que solo se encuentra en dos clases, debida su reciente introducción al municipio, mientras que el principal cultivo entre hilera es el maíz (*Zea mays* L.) sin embargo en seis de los sitios evaluados predominado el uso de ningún cultivo.

3.6. Literatura citada

- Aguilar, J. B., Enríquez, del V. J. R., Rodríguez-Ortiz, G., Granados, S. D. & Martínez, C. B. (2015). El estado actual de *Agave salmiana* y *A. mapisaga* del valle de México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca L, Oaxaca México. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 1(2),106-120.
- Alfaro, O.-E. R., Ortiz, S. C. A., Tavarez, E. C. A., Gutiérrez, C M. D. C. & Trinidad S. A. (2000). Clasificaciones técnicas de suelos en combinación con el conocimiento local sobre tierras, en Santa María Jajalpa, Estado de México. *Terra Latinoamericana*, 18(2).
- Álvarez-Duarte, M. C., García-Moya, E., Suárez-Espinosa, J., Luna-Cavazos, M. & Rodríguez-Acosta, M. (2018). Conocimiento tradicional, cultivo y aprovechamiento del maguey pulquero en los municipios de Puebla y Tlaxcala. *Polibotánica*, (45), 205-222.

- Anderson, R. K., Calvo, J., Serrano, G. & Payne, G. C. (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), S657–S674.
- Avendano-Gomez, A., Lira-Saade, R., Madrigal-Calle, B., Garcia-Moya, E., Soto-Hernandez, R. M., & de Vivar-Romo, A. R. (2015). Management and domestication syndromes of capulin (*Prunus serotina* Ehrh ssp capuli (Cav.) Mc Vaugh) IN communities of the state of Tlaxcala. *Agrociencia*, 49(2), 189-204.
- Berlin, B., Breedlove D. E. & Raven, P. H. 1973. General principles of classification and nomenclature in folk biology. *Am. Antropologist* 75: 214-242.
- Briggs, C. A. D., Busacca, A. J. & McDaniel, P. A. 2006. Pedogenic processes and soil-landscape relationships. *Geoderma*. 137:192-204
- Colunga-García, M. P., Larque S. A., Eguiarte, L. E., & Zizumbo-Villareal, D. (2007). *En lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves*. Mérida, Yucatán, México. Centro de Investigación Científica de Yucatán, AC (Ed.).
- Dallas, E. J. (2004). *Métodos multivariados aplicados al análisis de datos*. Internacional. Thompson Editores. México.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2014). Clasificación de suelos. Portal de suelos de la FAO. <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/clasificacion-de-suelos/es/>.
- García, M. E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) (No. QC 981. G37 1973).
- Galán, R. M. & Rodríguez, C. E. (2015). *Clasificación campesina de tierras y análisis agroclimático para el diagnóstico de la fertilidad del suelo en Vicente Guerrero, Española, Tlaxcala*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México.
- Gaspar, R., H. F. & Pérez, A., C. E. (2009). *Caracterización morfológica y patrones de distribución de una población nativa de pitayo [Stenocereus griseus (Haworth)] en el municipio de San Ciro de acosta, S. L. P.* (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. Consultada en <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=SUELOS.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=004398>
- Geilfus, F. (2002). *Herramientas para el desarrollo participativo; Planificación, monitoreo, evaluación* 1ra. Edición–San Salvador-El Salvador Proyecto Regional IICA/Holanda/Laderas.
- Gibson, C. (1984). Los aztecas bajo el dominio español (1519-1810 México, D. F.), *Siglo XXI*, (15).

- Gómez-Ruiz, E. P., Jiménez, C., Flores-Maldonado, J. J., Lacher, T. E. & Packard, J. M. (2015). Conservación de murciélagos nectarívoros (Phyllostomidae: Glossophagini) en riesgo en Coahuila y Nuevo León. *Therya*, 6(1), 89-102.
- González, S., A. A. & Meléndez, S., E. (2016). *Maguey Cultura y Cultivo*. Chapingo, México. Departamento de Sociología Rural (Ed.). Universidad Autónoma Chapingo,
- Gutiérrez, C. M. C., Ortiz, S. C. A, Fernández, G. B. S., Gutiérrez, C. E. V. & González, V. T. (2017). Los suelos del área de influencia del Código Santa María Asunción y su representación pictórica. *Terra Latinoamericana*, 35(2). 101-111.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010). Compendium de información geográfica municipal. Tepetlaoxotoc, México. Clave geoestadística 15093. México, D. F.
- Kay, P. (1971). Taxonomy and semantic contrast. *Language* 7: 868.
- León-Portilla, M. (2016). *Toltecáyotl: Aspectos de la cultura náhuatl*. México, D. F: Colección Antropología, Fondo de Cultura Económica.
- Licon-Vargas, A. L., Ortiz-Solorio, C. A., Gutiérrez-Castorena, M. C. & Manzo-Ramos, F. (2006). Clasificación local de tierras y tecnología del policultivo café-plátano para velillo-sombra en comunidades cafetaleras. *Terra Latinoamericana*, 24(1), 1-7.
- Lleverino, G. E., Ortiz, S. C. A. & Gutiérrez, C. M. C., (2000). Calidad de los mapas de suelos en el ejido de Atenco, Estado de México. *Terra Latinoamericana*, 18(2).
- López, R. E. M., De Jesús, M. A., Cortés, J. C. G. & Gómez, J. M. A. (2015). Caracterización de tierras campesinas en la microcuenca El Calabozo. *Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*, 16(2), 27-30.
- Luna V., B. (2009). *Aprovechamiento de insectos asociados al maguey verde (Agave salmiana) en el ejido Tolosa de Pinos, Zac.* (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México. Consultada en <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IscScript=parasi.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=009567>.
- Madrigal-Lugo, R., Velázquez-Loera, A., García-Moya, E., Sánchez-Lozada, O., & Ramírez-González, X. (2013). *El Maguey, Cultivo y Cultura en la Región Centro del País*. México: Fideicomiso de Desarrollo Regional Centro País.-
- Madrigal, L. R., García, M. E. & Velázquez, L. A. (2014). El maguey y el pulque en la región central de México. México: Fideicomiso Colegio de Historia de Tlaxcala.

- Magni, C. (2014). El sistema de pensamiento olmeca, México: originalidad y especificidades. El código glífico y el lenguaje corporal. *Cuicuilco*, 21(60): 09-44.
- Moctezuma, P. S., Pérez, S. J. M. & Rivera, H. M. G. (2015). Aportes alimenticios de los agroecosistemas tradicionales en el México rural. In Padilla Loredó, Silvia (Eds.). *La crisis alimentaria y la salud en México*. México, D. F.: Castellanos S. A. de C. V.
- Montalvo, L. J. C. (2014). *Clasificación campesina de tierras en la comunidad de San Marcos Guaquilpan en el municipio de Calpulalpan, Tlaxcala*. (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México. Consultada en <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=SUELOS.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=004992>
- Montemayor, C. (2009). *Diccionario del náhuatl en el español de México: nueva edición corregida y aumentada*. México, D. F. Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial Programa Universitario de la Diversidad Cultural y la Interculturalidad. UNAM.
- Montes, O. E. (2011). La recolección de insectos con fines alimenticios en la zona turística de Otumba y Teotihuacán, Estado de México. PASOS. *Revista de Turismo y Patrimonio cultural*, 9(1). 81-100.
- Mora-López, J. L., Reyes-Agüero, J. A., Flores-Flores, J. L., Peña-Valdivia, C. B. & Aguirre-Rivera, J. R. (2011). Variación morfológica y humanización de la sección Salmianae del género Agave. *Agrociencia*, 45(4). 465-477.
- Moreno, C. A. I., Toledo, V. M. & Casas, A. (2013). Los sistemas agroforestales tradicionales de México: una aproximación biocultural. *Botanical Sciences*, 91(4). 375-398.
- Narváez, S. A. U., Martínez S.-T. & Jiménez, V. M. A. (2016). El cultivo de maguey pulquero: opción para el desarrollo de comunidades rurales del altiplano mexicano. *Revista de Geografía Agrícola*, 56. 33-44.
- Nieto, A. R., Reynoso, G. A., Cruz, R. A. & González, G. J. (2013). El cultivo de maguey pulquero. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México.
- Solorio, C. O., Garza, H. N. & Huertas, D. P. (2001). Cambio tecnológico y agricultura en San pedro Tlaltzapán, Estado de México. *CIENCIA ergo-sum*, 8(2), 125-132.
- Ortiz, S. C. A., Pájaro, H. D. & Ordaz, Ch. V. M. (1990). *Manual para la cartografía de clases de tierras campesinas*. México: Cuaderno de Edafología 15. Colegio de Postgraduados, Montecillo,
- Ortiz, S. C. A. & Gutiérrez, C.M. C. (1999). Evaluación taxonómica de sistemas locales de clasificación de tierras. *Terra Latinoamericana*, 17 (4). 277-286.

- Ortiz, S. C. A. & Gutiérrez, C. M. C. (2001). La Etnoedafología en México una visión retrospectiva. *Etnobiología*, 1(1). 44-62.
- Ortiz, S. C. A. & Gutiérrez, C. M. C. (2001). La etnoedafología en México una visión retrospectiva. *Etnobiología* 1. 44-62.
- Pájaro, H. D. (2009). La cartografía de tierras: una herencia mesoamericana. *Revista de Geografía Agrícola* 43. 9-32.
- Pájaro, H. D. (2010). La cartografía de tierras: un contraste epistemológico. *Revista de Geografía Agrícola* (44).
- Palacio, V. E. A. (2011). Revalorización de los saberes tradicionales campesinos relacionados con el manejo de tierras agrícolas. Iberóforum. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana*, 6(11), 98-120.
- Pérez-Sánchez, J. M. & Juan-Pérez, J. I. (2016). Agricultura de terrazas en el cerro Tenismo, Toluca. México. *Terra Nueva Etapa*, 32(51).
- Rodríguez, N. F. (2013). *Serie de notas de fertilidad de suelos*. México: Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo.
- Rojas, R. T. (1991). La agricultura en tierras mexicanas desde sus orígenes hasta nuestros días. México. *Consejo Nacional para la Cultura y las Artes*, 71 (80).
- Sánchez, G. P., Ortiz, S. C. A., Gutiérrez, C. M. C. & Gómez, D J. D. (2002). Clasificación campesina de tierras y su relación con la producción de caña de azúcar en el sur de Veracruz. *Terra Latinoamericana* 20 (10)
- Sánchez, J. M. P. (2012). Terrazas y metepantles: manejo de tierra y agua en una comunidad en el altiplano mexicano. *Perspectivas latinoamericanas*, 9(99).
- Sánchez-Morales, P., Ocampo-Fletes, I., Sánchez-Hernández, M., & Martínez-Saldaña, T. (2008). Proceso autogestivo para la conservación de suelos y agua en sistemas campesinos sustentables. Los casos de Vicente Guerrero y la Reforma, Tlaxcala. *Ra Ximhai*, 4(2).
- Sotelo, R. E. D. & Ortiz, S. C. A. (2001). Comparación de la información edafológica de INEGI, con la generada por la clasificación campesina de tierras en Oriental, Puebla México. *Terra Latinoamericana*, 19(3).
- Soto, G. (2000). *Captación de agua de las nieblas costeras (Camanchaca)*. Chile: Corporación Nacional Forestal (CONAF).
- Tinajero, M. J. O. (2009). La vicaría dominica de Tepetlaoxtoc, eremitismo y evangelización ¿Contradicción o complemento? *Estudios de Historia Novohispana.*, EHN 41(17).
- Williams, B. J. & Ortiz, S. C. A. (1981). Middle American folk soil taxonomy. *Annals Association of American Geographers* 71(3): 335-358.

4. LOS SISTEMAS AGROFORESTALES CON METEPANTLE EN TEPETLAOXTOC, MÉXICO

4.1. Resumen

En Tepetlaoxtoc, México, el uso del «metepantle», concepto formado por los vocablos del náhuatl «*metl*», maguey o agave, y «*pantli*», bandera o división, es una práctica agrícola ancestral, vigente, en los sistemas agroforestales, que hace referencia al cultivo de maguey pulquero en hileras perpendiculares a la pendiente del terreno. En esta investigación se identificaron las variedades de agave presentes en 11 clases de tierras campesinas, así como su caracterización morfológica de las variedades de agave, que popularmente se conocen como, Maguey Manso (*Agave salmiana* Otto ex Salm.), Maguey Verde (*Agave americana* L.), Maguey Ayoteco (*Agave salmiana* Otto ex Salm.) Maguey Carrizo (*Agave mapisaga* Trel.) y Maguey Púa Larga (*Agave* sp.), a través del análisis de conglomerados y del componente principal. Se encontró que las variedades de maguey Maso y Verde se encuentran en todas las clases, induciendo a que todos los individuos evaluados son fenotípicamente similares o muy emparentados, en contraste con el agave Púa Larga que se encontró solo en tres clases de tierra. Las variedades Ayoteco y Carrizo, se encontraron en cinco clases de tierra, ambas con características fenotípicas muy emparentadas con el maguey Manso. De tal modo que fue posible distinguir las selecciones generadas por los productores, fundamentadas en los usos múltiples del agave y la siembra de cultivos entre hileras, de maíz (*Zea mays* L.) que se intercala con frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), calabaza (*Cucurbita pepo* L.), haba (*Vicia faba* L.) y en ocasiones con avena (*Avena sativa* L.), reconociendo su utilidad para la conservación de la diversidad biológica y cultural de Mesoamérica, ya que junto con el agave pulquero fueron fundamentales para la vida de los pueblos originarios del centro de México a lo largo de su historia, que el cambio de uso de la tierra ha fracturado la relación milenaria hombre-agave.

Palabras clave: agave pulquero, clases de tierra, «metepantle», morfología del maguey, sistema agroforestal.

Tesis de Maestría en Ciencias, Programa de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo, México

Autor: Miriam Galán Reséndiz

Supervisor de Tesis. Rosa María García Núñez

AGROFORESTRY SYSTEMS WITH METEPANTLE IN TEPETLAOXTOC, MEXICO

Abstract

In Tepetlaoxtoc, Mexico, the use of «metepantle», a concept formed by the words of nahuatl «metl», maguey or agave, and «pantli», flag or division, is an ancestral agricultural practice, in force, in agroforestry systems, which refers to the cultivation of maguey pulquero in rows perpendicular to the slope of the land. In this research, the varieties of agave, popularly known as Maguey Manso (*Agave salmiana* Otto ex Salm.), Maguey Verde (*Agave americana* L.), Maguey Ayoteco (*Agave salmiana* Otto ex Salm.) Maguey Carrizo (*Agave mapisaga* Trel.) y Maguey Púa Larga (*Agave* sp.). Regarding the morphological characterization, they were evaluated quantitatively through the cluster analysis and the main component. It shows that the varieties of Maguey Manso and Verde were identified in all the clases of land given that all the evaluated individuals are phenotypically similar or very related. In contrast with the agave Púa Larga found only in three soil classes, the Ayoteco and Carrizo varieties were observed in five soil classes, both with phenotypic characteristics closely related to the maguey Manso. So it was possible to distinguish the selections generated by producers, based on the multiple uses of the agave and the crops between rows, of corn (*Zea mays* L.) that is intercalated with beans (*Phaseolus vulgaris* L.), pumpkin (*Cucurbita pepo* L.), broad bean (*Vicia faba* L.) and sometimes with oats (*Avena sativa* L.). We recognized its utility for the conservation of the biological and cultural diversity of Mesoamerica, since together with the agave pulquero they were fundamental for the life of the original peoples of the center of Mexico throughout its history, that the change of use of the land has fractured the millenarian relationship between man-agave

Keywords: agave pulquero, agroforestry system, maguey morphology, «metepantle», soil classes.

Thesis, Programa de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo, México

Author: Miriam Galán Reséndiz

Advisor: Rosa María García Núñez

4.2. Introducción

En los sistemas agroforestales mesoamericanos el empleo del «metepantle» [concepto formado por los vocablos del náhuatl «*metl*», maguey o agave, y «*pantli*», bandera o división (Montemayor, 2009)], es una práctica agrícola ancestral, que hace referencia al cultivo de maguey en hileras perpendiculares a la pendiente del terreno. Una estrategia para la formación de terrazas sucesivas con bordos cubiertos de esta especie en asociación con árboles, arbustos y cultivos nativos como maíz, frijol calabaza, e introducidos, como trigo y avena, entre hileras; ha provisto históricamente la obtención de un abastecimiento comunal consistente (Aguilar, Enríquez, Rodríguez-Ortiz, Granados & Cerero, 2014), fundamentado en los usos múltiples del agave que los pueblos originarios han desarrollado.

En el municipio de Tepetlaoxtoc de Hidalgo, Estado de México, esta práctica agrícola ancestral es vigente, porque el cultivo del agave pulquero, persiste en las condiciones ecológicas de la región, reflejado en prácticas sociales y productivas, determinadas por la articulación histórica de sus procesos tecnológicos y culturales (González & Meléndez, 2016), así como su impacto en la región, privilegiada como centro de origen y diversidad del agave por selección natural desde hace 9,000 años, por la domesticación, manejo y usos múltiples que los pueblos originarios han desarrollado (Colunga-García, Larqué, Eguiarte, & Zizumbo-Villareal, 2007). Sin embargo, al mismo tiempo es una estrategia para la conservación de la biodiversidad y la seguridad alimentaria de las comunidades (Koochafkan & Altieri, 2011; Flores-Sánchez, Navarro-Garza, Carballo-Carballo & Pérez-Olvera, 2012). El cultivo y cultura del agave pulquero, es una muestra del manejo complejo de los recursos suelo y vegetación; conocimientos ancestrales, que se han conservado con ligeras modificaciones en sus nombres o readaptados a las innovaciones tecnológicas.

El producto del maguey, desde la época prehispánica, más renombrado es el pulque, en náhuatl «*octli*», la bebida esencial en la vida ritual como bebida en las ceremonias relacionadas con diferentes deidades como Quetzalcóatl y

Mayahuel, además de estar presente en innumerables símbolos, mitos, tradiciones, imágenes, sonidos, texturas, hábitats, alimentos, vestimentas, juegos y lenguaje coloquial (Olivier, 2012). Sin embargo, estos sistemas agrícolas no necesariamente son productivos, debido a la problemática social-ambiental detonada a partir del cambio en el uso y manejo de los recursos naturales y del hábito de consumo de las comunidades campesinas, aunada a un deterioro generalizado de la capacidad productiva de la tierra, que ha fracturado, progresivamente, la relación milenaria Hombre-Agave.

En la búsqueda de generar estrategias conjuntas de caracterización, revaloración y mejoramiento de esta práctica agrícola ancestrales de manejo de la tierra, «metepantle», en Tepetlaoxtoc, el objetivo de este trabajo fue identificar las variedades de agave pulquero, su estructura morfológica, los cultivos y *taxa* vegetales en clases campesinas de tierra así como los usos múltiples, con base en el conocimiento científico y popular, que permitirán su posterior manejo integral, reconociendo su utilidad para conservar la agrobiodiversidad de las comunidades que lo practican, ya que junto con el cultivo del maíz, fue fundamental para la vida de los pueblos del centro de México a lo largo de su historia, por las condiciones de cultivos entre hilera, su forma de aprovechamiento, sus procesos productivos y la cultura del agave (Godoy, Herrera & Ulloa, 2003).

4.3. Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el municipio de Tepetlaoxtoc de Hidalgo, Estado de México, durante el periodo comprendido en el verano de 2016 y el otoño de 2017, como parte del proyecto de Tesis con título Contribución al entendimiento del sistema agroforestal con «metepantle» en Tepetlaoxtoc, México, del Programa de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo, en colaboración con el Banco Nacional de Germoplasma Vegetal, México (BANGEV, UACH), el Programa de Edafología del Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas, Campus Montecillo, la Cooperativa de Magueyerías Xóchitl de Tepetlaoxtoc, el

Colectivo Chinicuiles, Tinacales Huacaltitlan, Tinacal La Nopalera, y la familia González.

4.3.1. Descripción geográfica del área de estudio

El área de estudio en Tepetlaoxtoc, se ubica entre las coordenadas 19° 35' 54" y 19° 24' 30" de N, 98° 50' 02" y 98° 46' 34" W y una elevación entre 2300 y 2469 m (Figura 1), en una diversidad de estructuras geológicas del proceso volcánico-tectónico comprendido entre el final del periodo Paleozoico y durante el Mesozoico, que resulto en paisajes de lomeríos y planos aluviales (Gutiérrez Ortiz, Fernández, Gutiérrez & González, 2017).

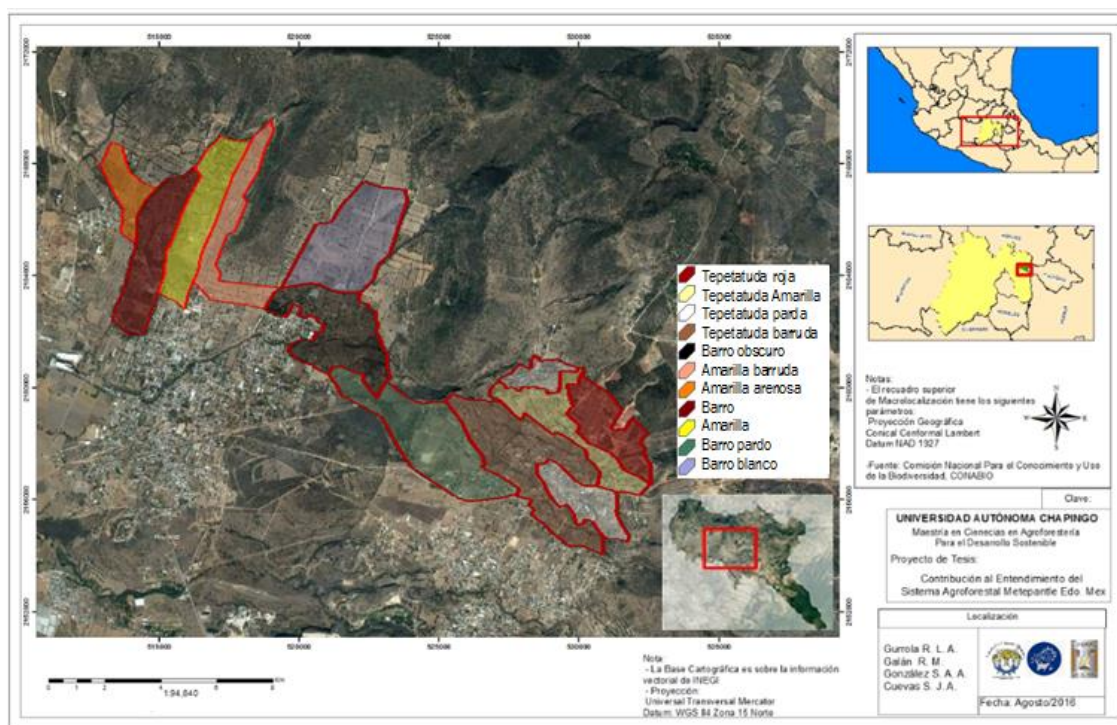


Figura 18. Mapa de las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc de Hidalgo, México.

Pertenece a la Cuenca Pánuco, Subcuenca Río Moctezuma, con las corrientes intermitentes río Hondo y río Sila [Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2010]. El clima corresponde al tipo Bs(c)wk'g, de acuerdo con la clasificación de Köppen, modificado por García, (1973), con temperatura media anual de 15.5°C, máxima de 26.9°C y una mínima de 3.9°C. Los suelos

reportados son Phaeozem, Vertisol (Gutiérrez et al., 2017), Andosol, y Umbrisol (INEGI, 2010), en donde se cultiva agave pulquero en hileras perpendiculares a la pendiente del terreno y principalmente maíz, frijol, calabaza y haba entre hileras bajo agricultura de temporal con algunos cultivos introducidos como la avena.

4.3.2. Variedades de agave pulquero

La caracterización se realizó en un total de 33 unidades muestrales distribuidas en las 11 clases de tierra campesina: Tepetatuda roja (Tr), Tepetatuda parda (Tp), Barro blanco (Bb), Barro pardo (Bp), Tepetatuda blanca (Tb), Barro oscuro (Bo), Amarilla (Am), Barro (Ba), Amarilla arenosa (Aa), Tepetatuda Amarilla (Tm) y Amarilla barruda (Ab), nombradas en términos que los campesinos usan cotidianamente para referirse a ellas respecto a ciertos rasgos de la capa arable del suelo, como el color, textura, consistencia en húmedo, consistencia en seco, retención de humedad, oportunidad para el laboreo y fertilidad del suelo, que ocurren sobre suelos de tipo Regosols, Anthrosols (terrazas) y Fluvisols (plano aluvial). Los nombres comunes de las variedades de agave pulquero presentes y la edad se determinaron en campo en compañía de los informantes clave, y la identificación taxonómica se obtuvo de acuerdo a la base de datos de nombres técnicos o de uso común en el aprovechamiento de los agaves en México, sujeta al Código Internacional de Nomenclatura Botánica (Colunga-García, 2006).

4.3.3. Estructura morfológica de las variedades de agave pulquero

La caracterización de la estructura morfológica de las variedades de agave pulquero de Tepetlaoxtoc, se realizó mediante la evaluación de caracteres morfológicos establecidos en la “Guía Técnica para la Descripción Varietal de *Agave* spp.”, del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (2014). Se establecieron 33 transectos, 3 por clase de tierra, en un muestreo a conveniencia, en las parcelas que los informantes consideraron como representativas de los sistemas agroforestales con «metepantle», debido a que las clases poseen más usos, urbano, minero, pecuario. Los transectos fueron de

30 metros de largo, perpendiculares a la pendiente del terreno, con un ancho que dependería de la distancia más grande del diámetro de penca abierta del maguey más ancho del transecto, además se dejaron 2 metros al inicio de cada transecto para evitar el efecto orilla y la elección aleatoria de tres plantas por transecto. A cada planta se le evaluó, altura (m), número total-pencas (hojas desplegadas), área basal (m, %), diámetro de copa, que para fines prácticos se nombró al diámetro de penca a penca abierta, (m, %), la cobertura (m, %) en dos orientaciones N-S y E-O. La morfología de las hojas se evaluó mediante la elección aleatoria de tres pencas por planta, a las que se les midió, longitud (m), ancho de la parte media de la hoja (m), número de espinas laterales, longitud de la espina terminal (mm) y la separación entre espinas laterales (mm) con el uso del vernier. Además, se cuantificó la densidad de plantación (número de agaves/variedad/transecto).

4.3.4. Evaluación cuantitativa de las variedades de agave pulquero en las clases campesinas de tierra

Este análisis se basó en la Distancia Euclidiana a partir de las características morfológicas, evaluadas por cada variedad de agave pulquero en las 11 clases de tierras campesinas, que permitió distinguir los conglomerados con el uso del programa estadístico Statgraphics Centurion© XVI versión 1.11. Se aplicó el Análisis de Conglomerados (Análisis Clúster) y el Análisis del componente principal con base en la metodología sugerida por Dallas (2004) para evaluar en forma cuantitativa los niveles jerárquicos que sirvió como base para clasificar la estructura morfológica de las variedades de agave pulquero, de tal manera que la distribución de los valores de las variables fuera lo más homogénea y entre conglomerados los más distintos entre sí, con base al método del Vecino Más Cercano, que maximiza las relaciones entre una pareja de agrupamientos.

4.3.5. Cultivos y taxa vegetales asociados al «metepantle»

Los cultivos entre hileras de agave pulquero y *taxa* vegetales asociados presentes en las clases de tierra se determinaron a través de recorridos

parcelarios y entrevistas focalizadas a los propietarios de las tierras donde se ubicaron los sitios de caracterización (Geilfus, 2002). Respecto al manejo se consideró tipo de labranza, el uso de maquinaria agrícola, fertilizantes y/o abonado, así como la presencia y control de plagas y/o enfermedades.

4.3.6. Usos múltiples del agave pulquero

Los usos múltiples del maguey pulquero en los sistemas agroforestales en Tepetlaoxtoc se obtuvieron por medio de entrevistas estructuradas y semiestructuradas focalizadas, grupales y a informantes clave a través de algunas metodologías propuestas por Geilfus, 2002, cuyo número siempre estuvo en función del aporte de conocimientos nuevos.

4.4. Resultados y discusión

4.4.1. Variedades de agave pulquero en Tepetlaoxtoc

En Tepetlaoxtoc se diferenciaron las variedades que popularmente se conocen como (1) Maguey Manso (*Agave salmiana* Otto ex Salm.) y (2) Maguey Verde (*Agave americana* L.) (3) Maguey Ayoteco (*Agave salmiana* Otto ex Salm.), (4) Maguey Carrizo (*Agave mapisaga* Trel.) y (5) Maguey Púa Larga (*Agave* sp.), que se encuentran en el grupo de las especies del género *Agave* reportadas para la elaboración de bebidas fermentadas y destiladas (Gentry, 1982). De acuerdo a estudios taxonómicos (Rzedowski & Rzedowsk, 2001), tanto los magueyes Manso como Ayoteco se clasifican como *Agave Salmiana*, mientras que a Carrizo como *Agave mapisaga* Trel, (Alfaro, Legaria & Rodríguez, 2007).

La distribución de las variedades de agave pulquero en las clases de tierras campesinas se muestra en el Cuadro 6. En el caso de los magueyes Manso y Verde estuvieron presentes en todas las clases de tierra, el Ayoteco se encontró en las clases Tb, Tm, Aa, Am. Ba y Ab, el Carrizo en las clases Tb, Tm, Aa, Ba y Bb, y el Púa Larga solamente en las clases Tr, Aa y Am,

Cuadro 6. Variedades de agave pulquero presentes en las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, Estado de México.

Clase de tierra	Variedades de agave pulquero
Tr	1, 2 y 5
Tp	1 y 2
Tb	1, 2, 3 y 4
Tm	1, 2, 3 y 4
Aa	1, 2, 3, 4 y 5
Am	1, 2, 3 y 5
Bp	1 y 2
Ba	1, 2, 3 y 4
Bo	1 y 2
Ab	1, 2 y 3
Bb	1, 2 y 4

Los agaves pulqueros *A. salmiana* Otto ex Salm., *A. americana* L. y *Agave mapisaga* Trel, que se encuentran presentes en todas las clases de tierra de acuerdo con Colunga-García (2006) se encuentran en el grupo de los magueyes que siguen teniendo relevancia regional y potencial, que se han cultivado desde la época prehispánica, y, que actualmente son objeto de más difusión (Álvarez, Cassiano, & Villa, 1998; Montellano, 2014; Valadez, 2014; Vela, 2018; Vázquez et al., 2016).

García-Mendoza (1995) reporta que al agave pulquero se desarrolla en una amplia variedad de suelos, en el área de estudio se observó que van desde las tierras de tipo Tepetatuda hasta las de tipo Barro, cuya etiqueta corresponde a una terminología descriptiva que involucra los criterios de color, textura y presencia de tepetate, en relación tanto a características de oportunidad para el laboreo como de las peculiaridades del diseño del metepantle. Alfaro et al., (2007) indican, que este tipo de distribución son producto de selecciones específicas de los productores en la búsqueda de obtener materiales morfológicos definidos y diferenciados relacionados con las características de calidad y cantidad del

aguamiel, entre muchas otras, ya que originan nuevos fenotipos con una mayor capacidad de adaptación y respuesta a ambientes extremos, lo que puede contribuir al éxito en la naturaleza o en su selección y uso en la agricultura (García, 2007).

La presencia de dos tipos de *A. salmiana*, es decir, el Maguey Manso y el Maguey Ayoteco se debe a su plasticidad, es decir, infiltración genética de las formas cultivadas con silvestres (García-Mendoza, 2011), y, la variabilidad morfológica es debida la intervención humana (Mora-López, Reyes-Agüero, Flores-Flores, Peña-Valdivia & Aguirre-Rivera, 2011). Debido a esta antigua e intensa relación entre los humanos y el Agave hay variantes con importancia regional, nacional e internacional, de las cuales existe un conocimiento ancestral considerable y una variación morfológica alta (Colunga-García, Estrada-Loera, & May-Pat, 1996).

4.4.2. Estructura morfológica de las variedades de agave pulquero

Desde el punto de vista morfológico las variedades de agave pulquero en Tepetlaoxtoc son diferentes, sin embargo, de acuerdo con Alfaro et al., (2007) genéticamente son semejantes el Maguey Maso y el Ayoteco, ya que son selecciones que se han originado a partir de un ancestro común y que en algún momento se separaron y dieron origen a las especies que actualmente se conocen.

La variedad de Maguey Manso se encontró presente en todas las clases de tierra campesinas con edades de plantación de 4 a 16 años. Respecto a la estructura general de este agave pulquero, el diámetro de copa (de penca a penca abierta) varió de 1.15 a 3.5 m; la cobertura presentó un intervalo de 1.04 a 9.62 m y el diámetro basal de 0.27 a 1.25 m, el área basal tuvo un intervalo de 0.06 a 1.23 m² y una altura de 1.22 a 2.80 m (

Cuadro 7 y Cuadro 8). Estas características de altura de la planta, área basal, número de hojas y longitud de hojas son de particular importancia para la

obtención de aguamiel y la obtención de penca para barbacoa (platillo regional) (Alfaro et al., 2007).

Cuadro 7. Estructura morfológica del Maguey Manso en las clases de tierra campesina de Tepetlaoxtoc, México.

Clase de tierra	E	DC	C	C%	Db	Ab	Ab%	A
Tr	5	1.79	2.52	4.66	0.50	0.19	0.36	1.38
Tp	8	3.50	9.62	8.91	0.80	0.50	0.47	1.92
Tb	12	3.25	8.30	6.91	1.25	1.23	1.06	2.80
Tm	15	2.12	3.53	5.47	0.77	0.46	0.71	2.20
Aa	16	3.20	8.02	8.35	0.42	0.14	0.14	1.22
Am	5	1.26	1.25	1.26	0.61	0.29	0.30	1.65
Bp	4	1.15	1.04	2.47	0.40	0.12	0.30	1.45
Ba	9	1.44	1.63	2.52	0.27	0.06	0.09	1.60
Bo	9	1.85	2.69	4.07	0.62	0.30	0.46	1.40
Ab	10	1.95	2.99	4.33	0.53	0.22	0.31	1.60
Bb	8	1.55	1.89	3.14	0.48	0.18	0.30	1.40

Nota. E. Edad de la planta (años); DC. Diámetro de copa (m); C. Cobertura (m²); C%. Cobertura (%); Db. Diámetro basal (m); Ab. Área basal (m²); Ab%. Área basal (%); A. Altura (m).

Cuadro 8. Estructura morfológica de la hoja de Maguey Manso en las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, México.

Clase de tierra	NTH	Lh	Aph	LET	NEL	SEL
Tr	18	1.15	0.20	73.10	10	29.95
Tp	17	1.22	0.19	64.92	33	57.20
Tb	20	1.79	0.30	53.50	50	40.50
Tm	22	1.89	0.25	53.00	44	49.10
Aa	13	2.00	0.32	74.70	40	68.29
Am	12	1.10	0.27	62.92	30	60.42
Bp	10	0.94	0.22	76.30	33	45.50
Ba	10	1.1.1	0.22	80.90	30	66.60
Bo	14	1.30	0.26	60.37	20	62.05
Ab	15	1.57	0.23	81.33	19	75.57

Bb	18	1.15	0.20	73.10	10	29.95
----	----	------	------	-------	----	-------

Nota: I. NTH. N° Total de hojas desplegadas; Lh. Longitud de la hoja (m); Aph. Ancho parte media de la hoja (m); LET. Longitud de la espina terminal (mm); NEL. N°. de espinas laterales; SEL. Separación entre espinas laterales (mm).

Los valores medios de las características morfológicas de la hoja del Maguey Manso mostraron una longitud de 0.94 a 2.0 m, la parte media de la hoja varió 0.19 a 0.32 m, la longitud de la espina terminal de 53 a 81.33 mm, el número de espinas laterales de 10 a 50 y la separación entre espinas laterales de 29.95 a 75.57 mm.

En el caso del Maguey Verde presente en todas las clases campesinas de tierra se encontró que la edad de las plantaciones fue de 5 a 15 años. Respecto a la estructura general del agave pulquero, el diámetro de copa tuvo un rango de 1.44 a 3.09 m y la cobertura de 1.62 a 7.41 m (Cuadro 9). El diámetro basal tuvo valores de 2.99 a 8.08 m, el área basal de 0.09 A 0.37 m² y altura de 1.11 a 2.78 m.

Cuadro 9. Estructura morfológica del Maguey Verde en las clases de tierra campesina de Tepetlaoxtoc, México.

Clase de tierra	E	DC	C	C%	Db	Ab	Ab%	A
Tr	5	1.60	2.01	3.72	0.46	0.17	0.31	1.11
Tp	10	2.53	5.01	6.42	0.34	0.09	0.12	2.78
Tb	10	2.62	5.37	5.77	0.69	0.37	0.40	2.25
Tm	15	2.01	3.17	4.92	0.40	0.12	0.19	2.10
Aa	7	3.09	7.47	8.04	0.37	0.10	0.12	2.10
Am	7	2.00	3.14	2.99	0.65	0.33	0.32	2.30
Bp	5	1.75	2.41	3.82	0.50	0.19	0.31	1.26
Ba	10	1.79	2.52	4.30	0.49	0.18	0.32	1.75
Bo	15	1.69	2.24	3.94	0.55	0.24	0.42	1.70
Ab	10	1.83	2.62	4.71	0.51	0.20	0.37	2.00
Bb	7	1.44	1.62	3.59	0.34	0.09	0.20	1.20

Nota. E. Edad de la planta (años); DC. Diámetro de copa (m); C. Cobertura (m²); C%. Cobertura (%); Db. Diámetro basal (m); Ab. Área basal (m²); Ab%. Área basal (%); A. Altura (m).

Se observa en el Cuadro 10, que la longitud de las hojas varió de 0.93 a 1.79 m, la parte media de la hoja de 0.16 a 0.31m, la longitud de la espina terminal de 51.29 a 81.40 mm; el número de espinas laterales tuvo un intervalo de 25 a 50 con una separación laterales de 40.50 a 79.70 en mm. Esto se atribuye al efecto del ambiente sobre el fenotipo de las plantas, ya que las variantes Verde y Manso son genéticamente muy diferentes, pero fenotípicamente semejantes (Alfaro et al., 2007).

Cuadro 10. Estructura morfológica de la hoja del Maguey Verde en las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, México.

Clase de tierra	NTH	Lh	Aph	LET	NEL	SEL
Tr	12	1.09	0.16	77.11	28	38.8
Tp	12	1.09	0.17	77.11	28	38.8
Tb	19	1.33	0.3	51.29	44	70.5
Tm	20	1.79	0.31	53.5	50	40.5
Aa	12	1.09	0.17	77.11	28	38.8
Am	11	1.1	0.23	81.4	27	79.7
Bp	11	0.93	0.18	58.88	30	46.42
Ba	12	1.08	0.22	76.7	25	55.4
Bo	11	1.1	0.23	79.1	27	78.7
Ab	11	1.1	0.23	79.1	27	78.7
Bb	11	1.1	0.23	79.1	27	78.7

Nota: I. NTH. N° Total de hojas desplegadas; Lh. Longitud de la hoja (m); Aph. Ancho parte media de la hoja (m); LET. Longitud de la espina terminal (mm); NEL. N°. de espinas laterales; SEL. Separación entre espinas laterales (mm).

El Maguey Ayoteco presentó edades de plantación de 7 a 15 años. La estructura general de este tipo de agave pulquero mostró un diámetro de copa de 1.65 a 3 m, un diámetro basal de 0.26 a 0.59 m, un área basal de 0.05 y 0.27 m² (Cuadro 11). En relación con la altura de planta y largo de hojas, indica que a mayor altura de planta se espera una mayor longitud de hojas, de manera similar con lo reportado por Alfaro et al. (2007).

Las plantas que presentan mayor altura también son las que muestran un mayor número de hojas, como en el caso de maguey Manso, que concuerdan con los resultados de Rzedowski y Rzedowsk (2001) ya que ambos son *Agave salmiana*.

Cuadro 11. Estructura morfológica del Maguey Ayoteco en las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, México.

Clase de tierra	E	DC	C	C%	Db	Ab	Ab%	A
Bb	8	3.00	7.07	7.60	0.47	0.17	0.18	1.71
Tm	15	1.96	3.02	4.68	0.42	0.14	0.21	2.00
Aa	6	2.78	6.05	6.50	0.26	0.05	0.06	2.03
Am	7	2.04	3.27	3.11	0.59	0.27	0.26	1.77
Ba	9	1.65	2.13	3.30	0.33	0.09	0.13	1.64
Ab	9	1.81	2.57	4.64	0.53	0.22	0.39	1.67

Nota. E. Edad de la planta (años); DC. Diámetro de copa (m); C. Cobertura (m²); C%. Cobertura (%); Db. Diámetro basal (m); Ab. Área basal (m²); Ab%. Área basal (%); A. Altura (m).

Los valores medios de las hojas que se observan en el Cuadro 12, muestran que el número de pencas desplegadas fue de 10 a 20, la longitud varió de 1.10 A 1.79 m, la parte media de la hoja de 0.19 a 0.31 m, la longitud de la espina terminal de 51.29 y 80.90 mm, el número de espinas laterales de 30 a 50 y la separación entre espinas laterales fue de 40.50 a 79.70 mm. En agaves se ha documentado que uno de los elementos del síndrome de domesticación es el gigantismo (Colunga-García et al., 1996); los resultados del estudio de Mora-López et al. (2011) indican que la variedad Ayoteco presenta rosetas grandes superiores a los tres metros de altura.

Cuadro 12. Estructura morfológica de la hoja del Maguey Ayoteco en las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, México.

Clase de tierra	NTH	Lh	Aph	LET	NEL	SEL
Bb	19	1.33	0.3	51.29	44	70.2
Tm	20	1.79	0.31	53.5	50	40.5
Aa	10	1.1.1	0.22	80.9	31	66.6

Am	12	1.1	0.27	62.92	30	60.42
Ba	15	1.58	0.21	74.59	38	44.12
Ab	17	1.22	0.19	64.92	33	57.2

Nota: I. NTH. N° Total de hojas desplegadas; Lh. Longitud de la hoja (m); Aph. Ancho parte media de la hoja (m); LET. Longitud de la espina terminal (mm); NEL. N°. de espinas laterales; SEL. Separación entre espinas laterales (mm).

En el caso de los agaves pulqueros conocidos como Maguey Carrizo (Cuadro 13), con edades de plantación de 4 a 10 año, alturas de 1.25 a 2.20 m, de 15 a 20 pencas desplegadas, cada penca con un número de espinas laterales de 22 a 44 (Cuadro 14).

Cuadro 13. Estructura morfológica del Maguey Carrizo en las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, México.

Clase de tierra	E	DC	C	C%	Db	Ab	Ab%	A
Bb	5	2.37	4.41	4.74	0.69	0.37	0.40	1.93
Tm	10	1.42	1.57	3.49	0.23	0.04	0.09	2.10
Aa	7	2.59	5.27	5.49	0.39	0.12	0.12	1.45
Ba	10	1.70	2.26	3.86	0.52	0.21	0.36	1.54
Tb	4	1.71	2.30	5.89	0.34	0.09	0.23	1.25

Nota. E. Edad de la planta (años); DC. Diámetro de copa (m); C. Cobertura (m²); C%. Cobertura (%); Db. Diámetro basal (m); Ab. Área basal (m²); Ab%. Área basal (%); A. Altura (m).

Las plantas más altas de maguey pulquero fueron también las que presentaron más hojas, hojas más largas y con más espinas laterales. Si bien la relación genética existente entre Carrizo y Verde los caracteres morfológicos no permitieron establecer esta relación ya que en campo estos magueyes son muy diferentes entre sí tal como menciona Alfaro et al. (2007), se ubica en las clases de tierra Tb, Tm, Aa, Am, Ba y Aa; de manera similar como la variedad Ayoteco.

Cuadro 14. Estructura morfológica de la hoja de Maguey Carrizo, clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, México.

Clase de tierra	NTH	Lh	Aph	LET	NEL	SEL
Bp	18	1.49	0.31	63.07	39	71.63
Tm	20	2.32	0.38	57.68	44	42.94

Aa	14	0.89	0.21	67.30	31	44.40
Ba	16	1.10	0.23	79.10	27	78.70
Tb	15	1.00	0.23	84.53	22	87.44

Nota: I. NTH. N° Total de hojas desplegadas; Lh. Longitud de la hoja (m); Aph. Ancho parte media de la hoja (m); LET. Longitud de la espina terminal (mm); NEL. N°. de espinas laterales; SEL. Separación entre espinas laterales (mm).

En el Púa Larga se observaron edades de plantación de 5 a 7 años y alturas de 1.30 a 2.25 m, con diámetros de copa de 1.15 a 2.41 m, coberturas de copa de 1.04 a 2.41 m², diámetro basal de 0.39 a 0.66 m con un número de pencas desplegadas de 10 a 18 (Cuadro 15).

Cuadro 15. Estructura morfológica del Maguey Púa Larga en las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, México.

Clase de tierra	E	DC	C	C%	Db	Ab	Ab%	A
Tr	5	1.75	2.41	4.45	0.47	0.17	0.32	1.30
Aa	7	2.59	5.27	5.49	0.39	0.12	0.12	1.45
Am	5	1.15	1.04	1.05	0.66	0.34	0.34	2.15

Nota. E. Edad de la planta (años); DC. Diámetro de copa (m); C. Cobertura (m²); C%. Cobertura (%); Db. Diámetro basal (m); Ab. Área basal (m²); Ab%. Área basal (%); A. Altura (m).

La variedad de maguey Púa Larga se localizó solamente en las tierras Tr, Aa y Am, con un número total de pencas desplegadas de 10 a 18, longitud de hoja de 1.1 a 2 m con ancho de parte media con un intervalo de 0.20 a 0.32 m, número de espinas de 10 a 40 y separación entre espinas de 29.95 a 87.70 mm (Cuadro 16).

Cuadro 16. Estructura morfológica la hoja de maguey en las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, México, Maguey Púa Larga.

Clase de tierra	NTH	Lh	Aph	LET	NEL	SEL
Tr	18	1.15	0.20	73.10	10	29.95
Aa	13	2.00	0.32	74.7	40	68.29
Am	10	1.10	0.23	79.10	27	78.70

Nota: I. NTH. N° Total de hojas desplegadas; Lh. Longitud de la hoja (m); Aph. Ancho parte media de la hoja (m); LET. Longitud de la espina terminal (mm); NEL. N°. de espinas laterales; SEL. Separación entre espinas laterales (mm).

Las características morfológicas que permitieron distinguir mejor a las especies y variantes de magueyes pulquero, fueron la longitud de la espina principal y el número de espinas laterales. Las plantas más altas de maguey pulquero son las que presentan mayor número de hojas, hojas más largas y mayor número de espinas laterales. La caracterización morfológica contribuye a realizar la protección legal de variedades o cultivares de uso común de este tipo de agave endémico de México, y con ello promover su conservación y aprovechamiento sustentable (Avendaño-Arrazate, Iracheta-Donjuan, Gódinez-Aguilar, López-Gómez & Barrios-Ayala, 2015).

4.4.3. Evaluación cuantitativa de la Estructura de las variedades de agave pulquero y las clases campesinas de tierra

Se obtuvieron cinco Dendrogramas en el Análisis de Conglomerados a partir de la estructura morfológica de cada variedad de maguey pulquero identificadas en las clases de tierras campesinas (Figura 19).

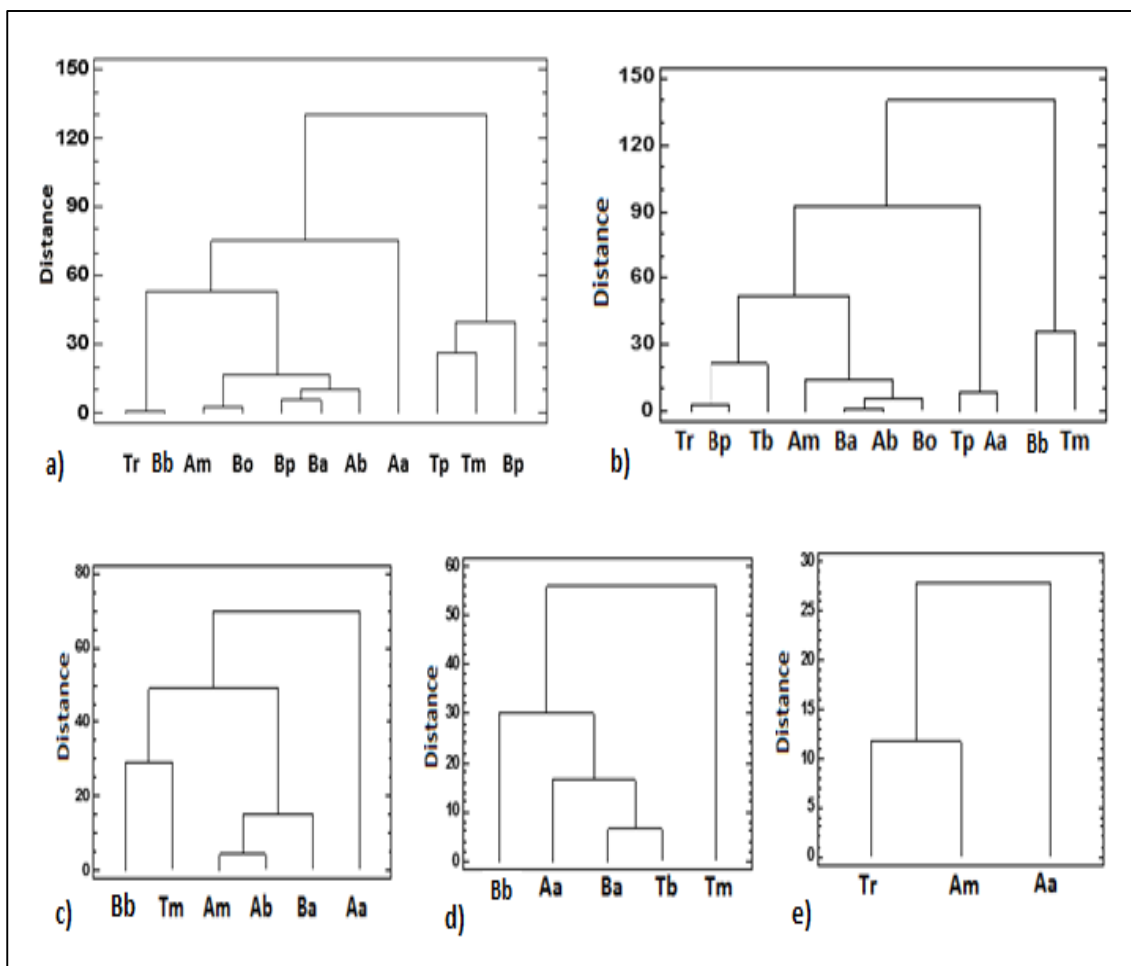


Figura 19. Dendrograma del Análisis de conglomerados de la estructura morfológica del Maguey a) Manso, b) Verde, c) Ayoteco, d) Carrizo, y e) Púa Larga en las clases de tierra campesina donde se distribuyen en Tepetlaoxtoc, México.

Se evaluaron cuantitativamente respecto a las propiedades de la estructura general de la planta y particular de la hoja que resultó una alternativa para diferenciar y agrupar las clases de tierra en donde los agaves poseen características similares lo que permitirá definir el potencial agrícola, ya que, como mencionan Alfaro et al., (2000), ambas se complementan. Bowley (1999) enfatiza que detectar las clases de tierra con mayor importancia en la diferenciación de los grupos generados es de mucha utilidad ya que se ve la adaptación en diferentes clases.

Los magueyes Maso y Verde se distribuyen en todas las clases debido a que todos los individuos evaluados son fenotípicamente iguales o muy emparentados,

en contraste, con el maguey Ayoteco y el Carrizo se observaron en 5 clases, por lo que ambas variedades botánicas poseen características fenotípicas muy emparentadas con el maguey Manso, en contraste hay menos cercanía con las características del Púa Larga ya que sólo se encontró en las 3 clases de tierras. Por lo que es posible distinguir las selecciones generadas por los productores en el grado de asociación entre las características morfológicas de los agaves pulqueros y las clases de tierra, que de acuerdo con Gaspar y Pérez (2009) está determinado por la separación angular que forman sus proyecciones; además considera la distancia de cada variable a partir del origen (Figura 20) y al proceso de humanización mencionando por Perales y Aguirre (2008).

El Análisis del Componente Principal, permitió establecer que el número de espinas laterales y longitud de espina principal representan 74% de la variabilidad en la estructura morfológica de los magueyes. Además, se detectó correlación entre altura de planta y número de espinas laterales, debido a que en las plantas más altas las hojas tienden a ser más grandes y con más espinas laterales. Mora-López et al. (2011) evaluaron 48 atributos morfológicos en la Sección *Salmianae*, de los cuales, los coeficientes de variación más altos se presentaron en los caracteres: altura de la roseta, longitud de la penca, longitud de los dientes, diámetro de la roseta, grosor de la cutícula, número de dientes y distancia entre dientes.

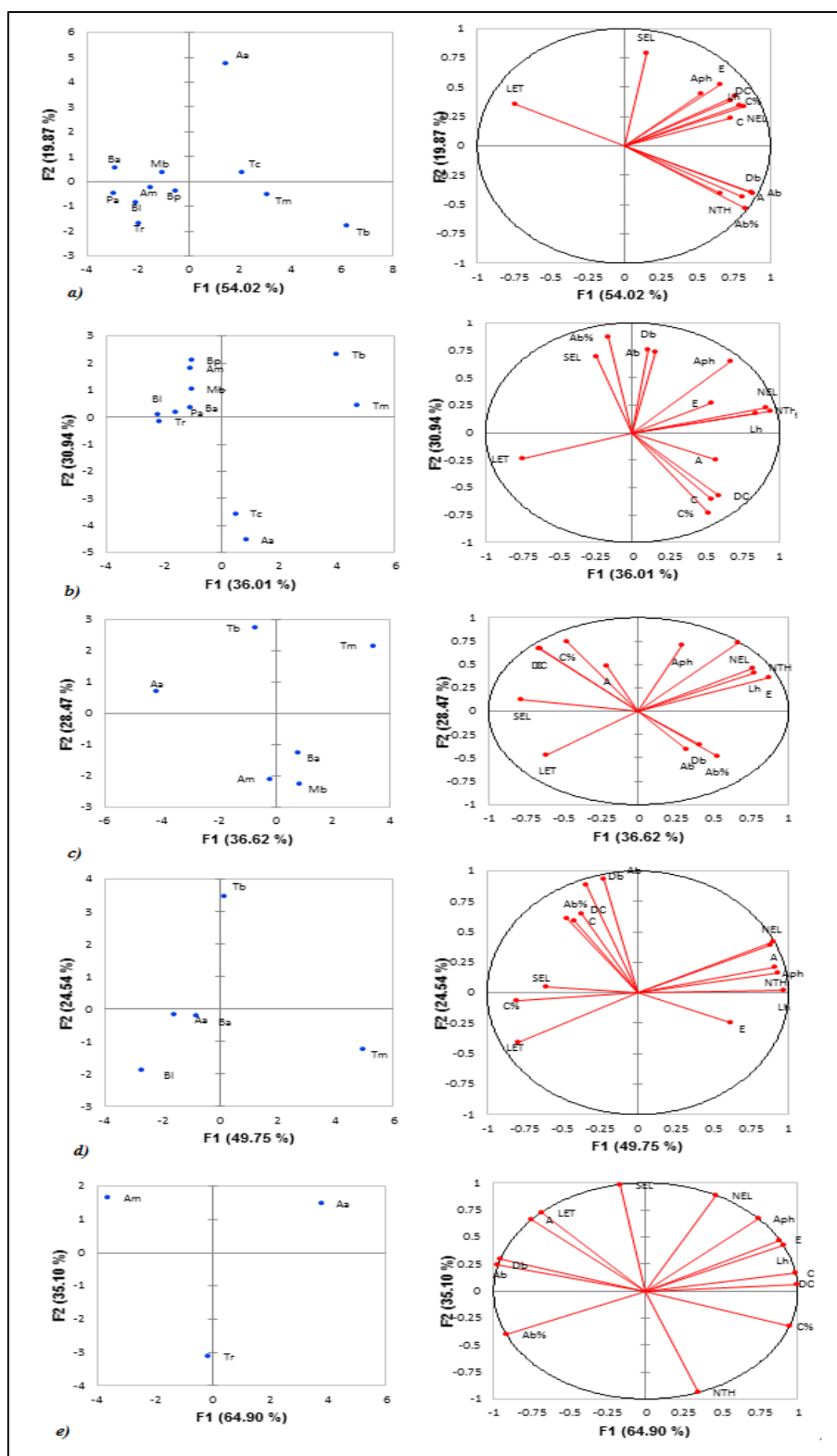


Figura 20. Análisis del componente Principal de la estructura morfológica del Maguey a) Manso, b) Verde, c) Ayoteco, d) Carrizo, e) Púa Larga, en las clases de tierra campesina se distribuyen en Tepetlaoxtoc, México.

4.4.4. Cultivos y taxa vegetales asociados al «metepantle»

El «metepantle» genera un microclima que favorece la retención de humedad y de suelo, protege del viento y de fauna nociva a los cultivos que se siembran entre las hileras de maguey (Narváez, Martínez & Jiménez, 2016). Los principales cultivos entre las hileras de agave pulquero que se han descrito en Tepetlaoxtoc son (1) maíz (*Zea mays* L.) que se intercala con (2) frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), (3) calabaza (*Cucurbita pepo* L.), (4) haba (*Vicia faba* L.) y (5) avena (*Avena sativa* L.). Los cultivos principales que se distribuyen en las clases de tierras campesinas se presentan en el Cuadro 17, que comprenden el periodo del desarrollo de esta investigación donde se cultivó en menos del 50% de las clases de tierra en contraste con años anteriores.

Cuadro 17. Cultivos y manejo en las clases de tierra campesina en Tepetlaoxtoc, México.

Clase de tierra	CH	CA	UM	F	A	CPE	UH	Ga
Tr	Ninguno	1 y 2	0	0	1	0	0	1
Tp	Ninguno	1 y 2	0	0	0	0	0	1
Tb	Ninguno	1, 2 y 3	0	1	1	0	0	0
Tm	Ninguno	3	0	0	1	0	0	1
Aa	Ninguno	1 y 2	1	1	1	1	1	0
Am	1 y 2	1, 2, 3 y 4	1	0	1	1	0	1
Bp	5	1, 2, y 4	1	1	1	0	0	1
Ba	1y 3	1, 2 y 4	1	1	1	0	0	0
Bo	5	1, 2 y 5	1	1	1	0	0	1
Ab	1	1, 2, 3 y 5	1	1	1	1	1	0
Bb	Ninguno	Ninguno	0	0	0	0	0	1

Nota: CH. Cultivos entre hileras; CA. Años anteriores; UM. Uso de maquinaria; F. Fertilización; A. Abonado; CPE. Control de Plagas y enfermedades; UH. Uso de herbicida; Ga. Ganado; 1 Presencia y 0. Ausencia.

Datos similares de acuerdo con Álvarez-Duarte, García-Moya, Suárez-Espinosa, Luna-Cavazos y Rodríguez-Acosta (2018) que reportan, el uso de metepantles aún se observa en lugares como el Valle de Toluca y Cuaxonacayo, Tlaxcala,

asociados a maíz principalmente, frijol y cebada, pero también se han reportado una gran diversidad amplia de otros cultivos por ejemplo, Madrigal-Lugo, Velázquez-Loera, García-Moya, Sánchez-Lozada & Ramírez-González (2013) en Zacatlán, reporta cultivares de avena, chícharo y alfalfa entre las hileras de agave.

El aprovechamiento del espacio entre hileras para la siembra de cultivos nativos en las clases de tierra Aa, Am, Bp, Ba, Bo. Ab se realizó mediante el uso de maquinaria, aplicación de fertilizante en Tb, Aa, Bp, Ba, Bo, Ab y todas las clases excepto en Tp y Bb se utiliza abono. El control de plagas y enfermedades solo se realiza en Am, Aa, Ab, y en las últimas dos con uso de herbicidas.

Respecto al uso del ganado en la clase de tierra Tr, Tp, Tm, Am, Bp, Bo, Bb se maneja de porte bajo como borregos y gallinas, en las últimas dos el ganado es de tipo vacuno. Las actividades llevadas a cabo en el cultivo, aprovechamiento y herramientas utilizadas en el maguey pulquero son parte de la gestión que realizan los lugareños para mantener su vigencia (Álvarez-Duarte et al., 2018).

Las plantas situadas a lo largo de los bordes de las terrazas actúan como soporte de los muros, evitando el derrumbe de los mismos, también contribuyen con materia orgánica al suelo, sirven como lindero y cortinas rompe vientos entre los terrenos (Pérez-Sánchez & Juan-Pérez, 2013). Los árboles y arbustos que se observaron son nopal prieto, nopal castilla. nopal tunero, nopal de cerro, huizache, pirul, palo dulce, fresno, durazno, piñón, encino, tepame, tepozán y capulín, (Otros autores reportan como parte del «metepantle» a árboles de pino (*Pinus* sp.), tejocote (*Crataegus mexicana* Moc. Sessé.), sabino (*Juniperus deppeana* Steud), así como especies introducidas como chabacano (*Prunus armeniaca* L.); además arbustos como jarilla (*Senecio salignus* DC] H. E. Robins. & Brett.) y arvenses, como la hierba del cáncer (*Cuphea aequipetala* Cav.) y estafiate (*Artemisia ludoviciana* Nutt.) (Moreno, Toledo & Casas, 2013; Pérez & Juan, 2016), entre altitudes de 2300 y 2469 m.

Cuadro 18).

La distribución de las especies de árboles y arbustos de uso múltiple se observa en el Cuadro 19. La mayor cantidad de especies se encuentran en la clase de tierra Tb y la menor cantidad en la Tp. El nopal se encuentra presente en todas las clases de tierra, seguida del pirul, huizache y palo azul, y en menor número de clases de tierra el tepozán y el capulín. Otros autores reportan como parte del «metepantle» a árboles de pino (*Pinus* sp.), tejocote (*Crataegus mexicana* Moc. Sessé.), sabino (*Juniperus deppeana* Steud), así como especies introducidas como chabacano (*Prunus armeniaca* L.); además arbustos como jarilla (*Senecio salignus* DC] H. E. Robins. & Brett.) y arvenses, como la hierba del cáncer (*Cuphea aequipetala* Cav.) y estafiate (*Artemisia ludoviciana* Nutt.) (Moreno, Toledo & Casas, 2013; Pérez & Juan, 2016), entre altitudes de 2300 y 2469 m.

Cuadro 18. Árboles y arbustos de usos múltiples de los sistemas agroforestales con «metepantle» en Tepetlaoxtoc, Estado de México.

Nº	Especie	Nombre científico
1	Nopal prieto	<i>Opuntia robusta</i> Wendland ex Pfeiffer
2	Nopal castilla	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.
3	Nopal tunero	<i>Opuntia ficus-indica</i> Mill.
4	Nopal de cerro	<i>Opuntia lasiacantha</i> Pfeiff.
5	Huizache	<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.
6	Pirul	<i>Schinus molle</i> L.
7	Palo dulce	<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.
8	Fresno	<i>Fraxinus excelsior</i> L.
9	Durazno	<i>Prunus persica</i> [L.] Batsch
10	Piñón	<i>Pinus pinea</i> L.
11	Encino	<i>Quercus</i> spp.
12	Tepame	<i>Acacia pennatula</i> (Schltdl. & Cham.) Benth
13	Tepozán	<i>Buddleja cordata</i> Kunth
14	Capulín	<i>Prunus salicifolia</i> Kunth

Sin embargo, el cultivo de agave pulquero puede encontrarse lo mismo en sitios con altitudes de 700 msnm, que, en lugares a más de 3000 msnm, conviven también con varios tipos de vegetación, xerófita, pastizales, matorrales, forman

grupos o conglomerados dispersos dentro de la vegetación de pastizal y se le encuentra combinado con nopaleras y matorral micrófilo (Gentry, 1982).

El hecho de que su aprovechamiento sea integral es prueba de la convivencia que el hombre ha tenido con ésta por miles de años. Por lo tanto, el conocimiento tan completo de qué partes de la planta se pueden aprovechar, así como en qué momento de su ciclo de vida (Madrigal, García & Velázquez 2014).

Cuadro 19. Árboles y arbustos de usos múltiples (AAUM) en las clases de tierra campesina con «metepantle» en Tepetlaoxtoc, Estado de México.

Clase de tierra	AAUM
Tr	1,2,4,5,12,13, 7
Tp	3,4 y 6
Tb	2, 3, 5, 6, 7,9, 10, 11, 12, 13, 14
Tm	3, 4, 5, 7
Aa	3, 4, 5, 7, 12
Am	3, 5, 6, 7
Bp	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
Ba	3, 5, 6, 7
Bo	3, 4, 5, 6, 7
Ab	2, 3, 4, 5, 6, 7
Bb	3, 4, 5, 6, 7, 12, 13

4.4.5. Usos múltiples del agave pulquero

El cultivo de agave pulquero en hileras en Tepetlaoxtoc, en sentido contrario a la pendiente del terreno para la formación de terrazas sucesivas constituyen sistemas agroforestales de suma importancia, cuyos componentes bióticos y abióticos interactúan en función de elementos socioculturales, que dan como resultado una amplia variedad de usos (Cuadro 20). El maguey pulquero es una planta que por sí sola puede proveer lo necesario para la subsistencia de una familia campesina (Cervantes & Pedroza, 2013; Álvarez-Duarte et al., 2018).

EL principal uso de las variedades de agave observado fue la obtención de aguamiel para la elaboración de bebida fermentadas y destiladas, que se obtiene al capar el maguey (Flores, Mora & Romero, 2008), es decir, el corte de las hojas tiernas centrales antes del desarrollo del escapo floral, o quiote como se conoce popularmente, después se raspa el centro del maguey, seguido del corte de las hojas para formar una cavidad de 20-30 cm de profundidad que servirá para el almacenamiento de aguamiel durante un período de 3-6 meses que son exudados del tejido del tallo del maguey, un líquido dulce, que depende el tipo de suelo y agave, puede ser ácido o ligeramente alcalino, incoloro y transparente, y contiene diversos minerales, y es rico en carbohidratos y proteínas (Parsons & Parsons, 1990; Hernández, 2012; Muñiz-Márquez, Rodríguez-Jasso, Rodríguez-Herrera, Contreras-Esquivel & Aguilar-González, 2013; Vázquez et al., 2016).

Cuadro 20. Usos múltiples del agave pulquero en Tepetlaoxtoc, Estado de México.

Parte de la panta	Uso
Pencas	Se usan como recipientes para servir los alimentos en el campo y para beber el pulque en «xoma», secas o «mezotes» como combustible, verdes como saborizante al cocer barbacoa y la cutícula de ellas, llamada «mixiote», se extrae para envolver diversos guisos, como forraje para el ganado o la construcción. También se extraen los gusanos blancos y se extraía fibra para la elaboración de telas, cepillos, papel, y confeccionaban instrumentos
Púas	Se usan como agujas para cerrar los costales, como clavos y para atrapar animales ponzoñosos.
Piña	Se obtiene aguamiel, pulque, forraje, dulces y fertilizante/abonos. Una vez seca puede utilizarse como combustible, maceta o para elaborar instrumentos musicales, también como recipiente para agua o vasija para comida
Raíces	Se extrae el gusano rojo o chinicuil que se consumen solos o mezclados con otros alimentos y como aderezo para salsas, también se extraían fibras para elaborar escobas, canastos y jabón

Quiote	Fueron base de algunos platillos, como jugo y dulce, maduro se utilizan para la construir viviendas como postes, travesaños y vigas, también como cercos de corrales y para delimitar terrenos y para elaborar instrumentos de música prehispánica.
Flores	Si están en botón se preparan en diversos guisos o se venden en algunos mercados regionales. Se protegen para la obtención de semilla de variedades con importancia económica y cultural.

El aguamiel se deja reposar y fermentar, para que produzca el pulque, una bebida refrescante y nutritiva, que históricamente se ha consumido como una bebida atenuante (Lappe et al., 2008; Carrillo, 2013), El pulque es considerado una de las bebidas ancestrales más completas y balanceadas, que contiene los niveles vitamínicos y energéticos que necesita el ser humano (Cervantes-Contreras & Pedroza-Rodríguez, 2007; Vázquez et al., 2016). Tal vez por esta razón no sólo el aguamiel y el pulque, sino la planta misma fue muy apreciada por los antiguos nahuas que ahora retoma su importancia, por «el beneficio ecológico» que resulta de las múltiples prácticas agrícolas de conservación de suelo y agua en la que el maguey pulquero se utiliza (Nieto, Reynoso, Cruz & González, 2013; Narváez et al., 2016).

El metepantle como menciona Castro (2006) permite un mejor aprovechamiento del terreno y aporta beneficios ecológicos al reducir la erosión del suelo y proveer forraje para el ganado caprino. Entre tales servicios a los sistemas agroforestales en Tepetlaoxtoc destacan: **1. La retención y formación de suelo agrícola**, que como menciona Vázquez-Alvarado et al. (2011) el maguey es eficiente para formar y conservar el suelo agrícola, aún en fuertes pendientes, en terrenos pedregosos o tepetates; es un cultivo que ayuda a conservar los nutrientes del suelo y evitar su pérdida por erosión **.2. El control de agua de lluvia**. La planta capta y retiene humedad que se aprovecha por los cultivos adyacentes; a su vez, las hileras de maguey ayudan a controlar y desviarla el agua de lluvia a partes que retienen menos humedad, a esto se le conoce como «cosecha de agua» (Rivera, 1990; Narváez et al., 2016). **3. La conformación de barreras vivas**. Permite delimitar terrenos, la hilera de maguey constituye una cerca viva que protege del viento y de fauna nociva a los cultivos; genera un microclima que

favorece la retención de agua y suelo (Morena, Bertrán & Ávila, 1982; Rivera, 1990). **4. Formación de bordos.** El Metepantle constituye una estrategia para la formación de terrazas sucesivas con bordos cubiertos de agave pulquero, basándose en conocimientos tradicionales generacionales (Morena et al., 1982; Rivera, 1990; Narváez et al., 2016).

4.5. Conclusiones

En el municipio de Tepetlaoxtoc se encontraron las variedades de Agave pulquero que popularmente se conocen como maguey Manso, Verde, Ayoteco, Carrizo y Púa larga. Las variedades Maso y Verde estuvieron presentes en todas las clases, la Púa Larga solo en Tr, Am y Aa, el Maguey Ayoteco en Bb, Tm, Aa, Ba, Ab y el Carrizo- en las clases Bb, Tm, Aa, Ba, Tb

Los dendrogramas del análisis multivariado para la estructura de las variedades de Agave realizados mediante el Análisis Clúster en el Software Statgraphic Centuri ®, con el Método de Wards mostró la formación de diferentes grupos y subgrupos de estructuras morfológicas en las clases de tierra respecto a las características similares que posee una misma variedad de Maguey.

Los principales cultivos entre hilera de maguey fueron el maíz, frijol, calabaza- y los árboles y arbustos de usos múltiples fueron el huizache, pirul, nopal, palo dulce, fresno, durazno, piñón, encino, tepame, tepozán y capulín, conviven también con variados tipos de vegetación, destacando entre otros: la xerófita, pastizales, matorrales, bosques.

Los manejos de los sistemas agroforestales se diferencian con base al uso de maquinaria agrícola, fertilizantes y/o abonado, control de plagas y enfermedades, uso de herbicidas, tipo de ganado, uso del maguey principalmente es para la obtención de aguamiel y producción de pulque en suma a los usos como delimitar terrenos, material para construcción de casas, uso medicinal, culinario, como fibra, combustible, para la retención de suelos y aprovechamiento de insectos asociados entre otros.

Actualmente este recurso, aunque con problemas en su uso y manejo, recupera vigencia desde el punto de vista socioeconómico y agroecológico por los beneficios que trae a los pobladores del medio rural y al medio ambiente donde se desarrolla. Asimismo, se muestran las bondades que tiene en su uso para el beneficio. Recaen en las nuevas generaciones conservar y reproducir esta serie de procesos productivos y para ello debe de conocer las implicaciones y la importancia cultural del cultivo.

4.6. Literatura citada

- Aguilar, J., B., Enríquez, D. V. R., Rodríguez-Ortiz, G., Granados S. D. & Cerero, B. M. (2014). El estado actual de *Agave salmiana* y *A. mapisaga* del Valle de México. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*. 1(2).106-120.
- Álvarez, P. A. M., Cassiano, G. & Villa, K. A. (1998). La explotación del maguey pulquero en la zona de Metztitlan: datos etnográficos y arqueológicos. *Dimensión Antropológica*, 13. 7–30.
- Álvarez-Duarte, M. C., García-Moya, E., Suárez-Espinosa, J., Luna-Cavazos, M. & Rodríguez-Acosta, M. (2018). Conocimiento tradicional, cultivo y aprovechamiento del maguey pulquero en los municipios de Puebla y Tlaxcala. *Polibotánica. IPN*. 45. 205-222.
- Alfaro, R. G., Legaria, S. J. P. & Rodríguez, P. J. E. (2007). Diversidad genética en poblaciones de agaves pulqueros (*Agave* spp.) del nororiente del Estado de México. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 30(1).
- Avendaño-Arrazate, C. H., Iracheta-Donjuan, L., Gódinez-Aguilar, J. C., López-Gómez, P. & Barrios-Ayala, A. (2015). Caracterización morfológica de *Agave cupreata*, especie endémica de México. *Phyton (Buenos Aires)*, 84(1), 148-162.
- Bowley, R. S. (1999). *A Hitchhiker's Guide to Statistics in Plant Biology*. Canadá: Ed. Ampersand Printing. Guelph, Ontario.
- Carrillo, P. C. (2013). *El pulque está de moda en León*. Periódico Milenio. http://www.milenio.com/firmas/pablo_cesar_carrillo/pulque-moda-Leon_18_160963952.html
- Castro, P. F. (2006). *Colapsos ambientales-transiciones culturales*. México: Colección Posgrado.
- Cervantes, M. & Pedroza A. (2013). El agave y sus productos. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 7(2). 53-61.
- Cervantes-Contreras, M. & Pedroza-Rodríguez, A. M. (2007). El pulque: características microbiológicas y contenido alcohólico mediante

- espectroscopia Raman Nova. *Publicación Científica en Ciencias Biomédicas*, 5(8). 135-146.
- Colunga-García, M. P., Estrada-Loera, E. & May-Pat, F. (1996). Patterns of morphological variation, diversity, and domestication of wild and cultivated populations of Agave in Yucatan, Mexico. *American Journal of Botany*, 83, 1069–1082.
- Colunga-García, M. P. (2006). *Base de datos de Nombres técnicos o de uso común en el aprovechamiento de los agaves en México*. Centro de Investigación Científica de Yucatán AC Final Report SNIB-CONABIO. Project CS007.
- Colunga-García, M. P., Larqué S. A., Eguiarte, L. E. & Zizumbo-Villareal, D. (2007). *En lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves*. Mérida, Yucatán, México: Centro de Investigación Científica de Yucatán, AC (Ed.).
- Dallas, E. J. (2004). *Métodos multivariados aplicados al análisis de datos*. México: Internacional Thompson Editores.
- Flores, A., Mora, R. & Romero, L. (2008). Evaluación fisicoquímica del aguamiel de tres variedades de maguey pulquero (*Agave spp*). *Revista Salud Pública y Nutrición*. Edición Especial. 8. <http://www.respyn.uanl.mx/> (Avezada 12 diciembre 2017).
- Flores-Sánchez, D., Navarro-Garza, H., Carballo-Carballo, A. & Pérez-Olvera, M. (2012). Sistemas de cultivo y biodiversidad periurbana: Estudio de caso en la Cuenca del Río Texcoco. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 9(2), 209-223.
- García, D. M. E. (1973). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)* (No. QC 981. G37 1973).
- García-Mendoza, A. (1995). Riqueza y endemismo de la familia Agavaceae en México. In Linares, P., Dávila, F., Chiang, R., Bye, T. (eds). *Conservación de Plantas en Peligro de Ex-tinción, en diferentes enfoques*. México: Instituto de Biología, UNAM,
- García-Mendoza, A. J. (2011). Agavaceae. Flora Del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, (88), 1-95
- García, M. A. J. (2007). Los agaves de México. *Ciencias* 87. pp. 14-23.
- Gaspar, R.-H. F. & Pérez, A. C. E. (2009). *Caracterización morfológica y patrones de distribución de una población nativa de pitayo [Stenocereus griseus (Haworth)] en el municipio de San Cirio de acosta, S. L. P.* (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. Consultada en <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=SUELOS.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=004398>

- Geilfus, F. (2002). *Herramientas para el desarrollo participativo; Planificación, monitoreo, evaluación* 1ra. Edición. San Salvador: El Salvador Proyecto Regional IICA/Holanda/Laderas.
- Gentry, A. H. (1982). Neotropical floristic diversity: phytogeographical connections between Central and South America, Pleistocene climatic fluctuations, or an accident of the Andean orogeny? *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 69(3), 557-593.
- Godoy, A., Herrera, T., & Ulloa, M. (2003). *Más allá del pulque y del tepache, las bebidas alcohólicas no destiladas indígenas de México*. México: Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM.
- González, S. A. A., & Meléndez, S. E. (2016). *Maguey Cultura y Cultivo*. Chapingo México: Departamento de Sociología Rural, Universidad Autónoma Chapingo.
- Gutiérrez, C. M. C., Ortiz, S. C. A, Fernández, G. B. S., Gutiérrez, C. E. V. & González, V. T. (2017). Los suelos del área de influencia del Códice Santa María Asunción y su representación pictórica. *Terra Latinoamericana*, 35(2). 101-111.
- Hernández, R., S. (2012). *Control del oscurecimiento no enzimático en miel de maguey (Agave mapisaga)*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México. Consultada en <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=INDUSTRIAL.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=004800>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010). Compendium de información geográfica municipal. Tepetlaoxotoc, México. México: Clave geoestadística 15093.
- Koohafkan, P. & Altieri, M. A. (2011). *Globally important agricultural heritage systems: a legacy for the future*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Lappe, R. Moreno, R., Arrizón, J., Herrera, T., García, A. & Gschaedler, A. (2008). Yeasts associated with the production of Mexican alcoholic nondistilled and distilled Agave beverages. *FEMS Yeast Research*, 8 (7): 1037-1052.
- Madrigal-Lugo, R., Velázquez-Loera, A., García-Moya, E., Sánchez-Lozada, O. & Ramírez-González, X. (2013). *El Maguey, Cultivo y Cultura en la Región Centro del País*; Primer Etapa. México: Fideicomiso de Desarrollo Regional Centro País.
- Madrigal, L. R., García, M. E. & Velázquez, L. A. (2014). *El maguey: cultivo y cultura*. En: *El maguey y el pulque en la región central de México*. Gobierno del Estado de Tlaxcala. Fideicomiso Colegio de Historia de Tlaxcala. México.
- Montellano, M. (2014). Elaboración del pulque, importancia económica y concepción social en Apan, Hidalgo. *Etnografía*, 059-104.

- Montemayor, C. (2009). *Diccionario del náhuatl en el español de México: nueva edición corregida y aumentada*. México, D. F.: Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial / Programa Universitario de la Diversidad Cultural y la Interculturalidad. UNAM.
- Mora-López, J. L., Reyes-Agüero, J. A., Flores-Flores, J. L., Peña-Valdivia, C. B. & Aguirre-Rivera, J. R. (2011). Variación morfológica y humanización de la sección *Salmianae* del género *Agave*. *Agrociencia*, 45(4), 465-477.
- Morena, C. C., Bertrán, S. J. & Ávila, I. S. (1982). Contribución al estudio de la problemática del maguey. Promotora del Maguey y del Nopal. Serie estudios socio-económicos N° 1. México.
- Moreno, C. A. I., Toledo, V. M. & Casas, A. (2013). Los sistemas agroforestales tradicionales de México: una aproximación biocultural. *Botanical Sciences*, 91(4), 375-398.
- Muñiz-Márquez, D. B., Rodríguez-Jasso, R. M. & Rodríguez-Herrera, R., Contreras-Esquivel, J. C. & Aguilar-González, C. N. (2013). Producción Artesanal del Aguamiel: Una Bebida Tradicional Mexicana. *Acta Química Mexicana*, 5(10).
- Narváez, S. A. U., Martínez S. T. & Jiménez, V. M. A. (2016). El cultivo de maguey pulquero: opción para el desarrollo de comunidades rurales del altiplano mexicano. *Revista de Geografía Agrícola* 56. 33-44.
- Nieto, A. R., Reynoso, G. A., Cruz, R. A. & González, G., J. (2013). El cultivo de maguey pulquero. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México.
- Olivier, G. (2012). Los dioses ebrios del México antiguo. De la transgresión a la inmortalidad. *Arqueología Mexicana*. XIX (114). 26-33.
- Parsons, J. R. & A. H. Parsons. (1990). Maguey Utilization in Highland central México: An Archaeological Ethnography. University of Michigan. Ann Arbor, Illinois.
- Perales, H. R. & Aguirre, J. R. (2008). Biodiversidad humanizada. In R. Dirzo, R. González, & I. March (Eds.), *Capital Natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad (pp. 565–603). México: CONABIO.
- Pérez, S. J. M. & Juan, P. J. I. (2016). Agricultura de terrazas en el cerro Tenismo, Toluca. México. *Terra Nueva Etapa*, 32(51).
- Pérez-Sánchez, J. M. & Juan-Pérez, J. I. (2013). Caracterización y análisis de los sistemas de terrazas agrícolas en el Valle de Toluca, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 10(4), 397-418.
- Rivera, V. J. J. (1990). *El uso del maguey (Agave sp.) en la conservación del suelo*. (Tesis de Maestría). Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México. Consultada en <http://www.sidalc.net/cgi->

bin/wxis.exe/?IsisScript=BCVER.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=001229.

- Rzedowski & Rzedowski. (2001). *Flora fanerogámica del Valle de México*. Michoacán, México: Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro,
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). (2014). *Guía Técnica para la descripción varietal de Agave spp.* México. <http://snics.sagarpa.gob.mx/dov/Documents/GUIAS/Agave.pdf>
- Valadez, M. M. J. (2014). "Pulque limpio" / "Pulque sucio": disputas en torno a la legitimidad y la producción social del valor. *Revista Colombiana de Antropología*, 50(2): 41-63.
- Vázquez, G. A., Aliphat, F. M. M.; Estrella, Ch. N. G.; Ortiz, T. E.; Ramírez, J. J. & Ramírez, A. M. (2016). El maguey pulquero, una planta multifuncional y polifacética: los usos desde una visión mestiza e indígena. *Scripta Ethnologica* 38: 65-87.
- Vela, E. (2018). Un don divino. El pulque. *Arqueología Mexicana. Edición especial* 78.