



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTADES DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA Y MEDICINA

PROGRAMAS MULTIDISCIPLINARIOS DE POSGRADO EN CIENCIAS
AMBIENTALES

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES

ANÁLISIS ETNOBOTÁNICO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE
LAS FIBRAS DE *AGAVE SALMIANA* Y *A. MAPISAGA* EN LA
REGIÓN DE IXMIQUILPAN, HIDALGO

PRESENTA:

LDI ALICIA REYES SAMILPA

DIRECTOR DE TESIS:

JUAN ANTONIO REYES AGÜERO

COMITÉ TUTELAR:

ANUSCHKA VAN 'T HOOFT

ERICH DIETMAR RÖSSEL KIPPING

JULIO 2016

PROYECTO REALIZADO EN:
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE ZONAS DESÉRTICAS

AGRADEZCO AL CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
(CONACyT) POR EL OTORGAMIENTO DE LA BECA-TESIS 553944

LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES RECIBE APOYO ATRAVÉS DEL
PROGRAMA NACIONAL DE POSGRADOS DE CALIDAD (PNPC)

Agradecimientos

La maestría, y en particular la presente tesis, estuvieron rodeadas de gente amable, sabia, divertida pero sobre todo extraordinaria, a quienes en pocas líneas trataré de agradecer lo mucho que aportaron a mi desarrollo profesional y personal.

Al Dr. Juan Antonio Reyes Agüero quien fue un guía paciente, comprometido, respetuoso y muy responsable como profesor y como director del proyecto, comprensivo cuando surgieron dificultades, y que mostró gran interés en la búsqueda de un tema adecuado para mi formación como diseñadora y enriqueció mi formación en la multidisciplinariedad.

A mis asesores, Dra. Anuschka van 't Hooft y Dr. Erich Dietmar Rössel Kipping por su valiosa aportación y sus acertadas observaciones relacionadas al conocimiento etnográfico y evaluación de la calidad de los materiales, respectivamente. Al Dr. Gregorio Álvarez Fuentes por su apoyo y asesoría en el análisis estadístico. Al Dr. Juan Rogelio Aguirre Rivera, que además de ser un gran profesor, aportó también mucho conocimiento etnobotánico a este trabajo.

A Felipa Pérez Ángeles, tejedora de historias, guardiana de sabiduría, forjadora de amistades y visionaria ejemplar, quien hizo posible la recolección de información valiosísima para este trabajo y, sobre todo, para mi crecimiento personal.

A la familia Rómulo Pérez: Don Mateo, Ana, Lety y Maurilio por recibirme con tal calidez y cariño en su casa, que me hicieron sentir en mi propio hogar e hicieron mi estancia en San Andrés muy alegre y cómoda; a las niñas Ayesha, Linett y Aleida por su cariño y alegría.

A los expertos que me proporcionaron la información clave para desarrollar este proyecto, me abrieron las puertas de sus casas y con orgullo me platicaron y mostraron su conocimiento relacionado con el ixtle, el manejo y las variantes de los magueyes y mucho de la cultura *hñähñu* del Valle del Mezquital: Mateo Rómulo Ramírez, Ausencia González, Tomasa Martín Martín, María Durán Toy, Rosa López Pérez, Nicolasa San Pedro Santiago, Doña Ángela, Doña Conchita, Adrián Valencia, Doña Fela y Fidel Pérez.

A los profesores que proporcionaron conocimiento y apoyo tecnológico para la medición de las características físicas del ixtle: Dr. Juan Rogelio Aguirre Rivera, Dr. José Luis Flores Flores, Dra. Erika García Chávez, Dra. Alicia Grajales Lagunes, M.C. César Iván Godínez Hernández, Dra. Bertha Juárez Flores, I.A. Cecilia Rivera Bautista, Dra. Laura Yañez Espinoza.

A todo el personal del PMPCA y del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas por las asesorías, uso de instalaciones y material, pero sobretodo, su amable atención.

A mi mamá, Imelda, quien me apoya en cada decisión, me alienta a continuar a pesar de las adversidades y deposita su confianza en mí, pero sobre todo quien ha sido el mejor ejemplo a seguir como persona y como profesionista, me inspira a seguir superándome y creer en mí, a tomar lo bueno como regalo y lo malo como aprendizaje.

A Guadalupe Centeno, Maestra en Ciencias Ambientales y amiga querida, quien por azares del destino conocí en clases de natación y me animó a ingresar al posgrado a partir de sus recomendaciones y experiencias.

A mis queridos amigos y colegas Fabiola Gallegos, Guillermo Villalobos, Krystina Kreter, Frida Cervantes, Daniel Perozo y Luis Trenti, que afortunadamente coincidimos en este posgrado y compartimos tantas aventuras, viajes, risas y lágrimas; con una particular mezcla de culturas y profesiones nos convertimos en grandes amigos y nos acompañamos en todo momento incluso en la distancia.

A mi familia Rosi, Adi, Tere y Blanca, siempre de gran apoyo cuando surge alguna dificultad y están ahí cuando se necesitan porras. A Zack que se fue en el camino, Kitty, Güero, Gypsy, Katy y Freddie que me acompañaron y aligeraron las noches de desvelo.

Finalmente, quiero dedicar este logro a dos amigos que llevo siempre en mi corazón, José Antonio Arredondo Fernández y Miguel Ángel Loredo Flores, cuyo recuerdo me impulsa a ir por mis sueños, y quienes estoy segura me han cuidado en cada tropiezo y acompañado en cada alegría.

Contenido

Agradecimientos	4
1. Introducción	13
2. Revisión de literatura	16
2.1. Etnobotánica	16
2.2. Fibras Vegetales.....	17
2.2.1. Generalidades	17
2.2.2. Clasificación y utilización	17
2.2.3. Métodos y técnicas de extracción de fibras	20
2.2.4. Valoración de las características físicas de las fibras	24
2.2.5. Fibras de maguey (<i>Agave spp.</i>).....	24
2.2.6. El ixtle de maguey en Mesoamérica.....	25
2.3. El género <i>Agave</i>	29
2.3.1. El maguey	29
2.3.2. Características botánicas.....	29
2.3.3. Productos obtenidos de las pencas.....	32
2.3.4. El maguey en el Valle del Mezquital.....	34
2.4. Región de estudio: el Valle del Mezquital.....	36
2.4.1. Ubicación geográfica.....	36
2.4.2. Clima y vegetación	38
2.5. Los <i>hñähñu</i> del Valle del Mezquital	39
2.5.1. Contexto histórico-cultural	39
2.5.2. Lengua	39
2.5.3. Población	39
2.5.4. Producción agrícola	40
2.5.5. Artesanía.....	40
2.6. Localidades seleccionadas	42
2.6.1. Generalidades observadas de las localidades	42
2.6.2. Comunidades del Valle Alto del Mezquital	43
2.6.3. Comunidades de la parte baja del Valle del Mezquital	44
3. Materiales y métodos	47
3.1. Exploración etnobotánica.....	47
3.1.1. Recolección de muestras	48
3.2. Valoración de las características físicas de las fibras	49
3.2.1. Longitud	50
3.2.2. Peso.....	50
3.2.3. Densidad lineal	51
3.2.4. Grosor	51
3.2.5. Resistencia a la tracción	53
3.2.6. Color	56
3.3. Análisis estadístico	57
4. Resultados	59
4.1. Exploración etnobotánica.....	59
4.1.1. Especies y variantes utilizadas para obtención de ixtle.....	59

4.1.1.	Selección y desprendimiento de pencas	62
4.1.2.	Acondicionamiento de pencas previo al tallado	66
4.1.3.	El tallado o proceso de obtención del ixtle.....	67
4.1.4.	Tratamientos del ixtle	71
4.1.5.	Técnicas de cardado del ixtle.....	72
4.1.6.	Técnica de hilado.....	74
4.1.7.	Tejido del ixtle.....	76
4.1.8.	Telar de cintura o <i>ya'be ga ñhu'ti</i>	76
4.2.	Análisis estadístico de las características físicas	84
4.2.1.	Aspectos descriptivos de las fibras de <i>Agave salmiana</i> y <i>A. mapisaga</i>	84
4.2.2.	Comparación del ixtle entre dos especies.....	85
4.2.3.	Comparación del ixtle de <i>Xa'mni (Agave salmiana)</i> en las cuatro comunidades de estudio	87
4.2.4.	Comparación del ixtle del cogollo en cuatro variantes.....	90
5.	Discusión.....	93
5.1.	Exploración etnobotánica.....	93
5.1.1.	Especies y variantes utilizadas para obtención de ixtle.....	93
5.1.2.	Selección y desprendimiento de pencas	94
5.1.3.	Acondicionamiento de pencas previo al tallado	95
5.1.4.	El tallado o proceso de obtención del ixtle.....	96
5.1.5.	Tratamientos del ixtle	97
5.1.6.	Técnicas de cardado del ixtle.....	97
5.1.7.	Técnica de hilado.....	98
5.1.8.	Tejido del ixtle.....	98
5.2.	Análisis estadístico	103
5.2.1.	Comparación del ixtle entre dos especies.....	103
5.2.2.	Comparación del ixtle de <i>Xa'mni (Agave salmiana)</i> en las comunidades de estudio	104
5.2.3.	Comparación del ixtle del cogollo en cuatro variantes.....	105
	Bibliografía.....	107
	Anexo 1	117
	Anexo 2	119
	Anexo 3	120

Índice de figuras

Figura 1. Cordel con nudos. Cueva de Coxcatlán, Tehuacán, Puebla (INAH-SLAA- Montúfar y Anzures, 2014).	26
Figura 2. Tributos de huipiles y mantas de ixtle de maguey (Códice Mendoza, folio 27)...	27
Figura 3. Ayate <i>hñähñu</i> -otomí de hilo de maguey. Tejido de tafetán en telar de cintura y tira bordada de dos variantes de la serpiente emplumada (INAH-MNA, 2016).	28
Figura 4. Partes y órganos del maguey en español y en <i>hñähñu</i> (con base en: Colunga-García <i>et al.</i> , 2007; CONABIO, 2006 citado por Vela <i>et al.</i> , 2015).....	30
Figura 5. Detalle de una penca de la variante <i>Xa'mni</i> de <i>Agave salmiana</i>	31
Figura 6. Detalle de una penca de la variante <i>Ma'ye</i> de <i>Agave mapisaga</i>	32
Figura 7. Morfología longitudinal y transversal de las pencas del maguey a) Hoja o penca de maguey <i>Agave salmiana</i> ; b) distribución transversal de las fibras vasculares, c) distribución transversal de las fibras mecánicas o de resistencia y d) distribución longitudinal de las fibras (Con base en León, 2000).....	33
Figura 8. Localización y delimitación del Valle del Mezquital, Hidalgo (con base en: Moreno <i>et al.</i> , 2006; INEGI, 2015).....	37
Figura 9. Diagrama ombrotérmico de la estación climatológica de Ixmiquilpan, Hidalgo (con base en García, 2004).	38
Figura 10. Distribución de las artesanías en el Valle del Mezquital (Medina y Quezada, 1975). En la categoría de Tejidos, se incluyen las piezas elaboradas con ixtle.....	41
Figura 11. Ubicación de las localidades de estudio dentro del Valle del Mezquital (con base en: Moreno <i>et al.</i> , 2006; INEGI, 2015; Google Earth, 2015).....	45
Figura 12. Medición de la longitud de fibras individuales.	50
Figura 13. Balanza analítica Sartorius BP 2215.	51
Figura 14. Digitalización de muestras utilizando un escáner láser HP Deskjet F4400.	52
Figura 15. Procedimiento para la medición del grosor en el software Image J a partir de las imágenes digitalizadas de las fibras.	52
Figura 16. Corte de tramos de 150 mm en guillotina Maped Precise Cut.....	53
Figura 17. Recortes de cartón como refuerzo para la sujeción con las mordazas.	54
Figura 18. Cámara de crecimiento de plantas Lumistell ICP 19, en la cual se acondicionaron las fibras.	54
Figura 19. Grupo de muestras protegidas con papel aluminio durante el acondicionamiento.	55
Figura 20. Ensayo de tracción para una muestra de fibra de <i>Agave</i> en el equipo TA.XTPlus Texture Analyzer.	55
Figura 21. Escala utilizada para la evaluación del color del ixtle, corresponde a la gama de saturación de verdes.	56
Figura 22. Diagrama de recolección y uso de pencas (en función a la madurez del maguey y su localización), y proceso de obtención ixtle.....	63
Figura 23. Maguey en proceso de ser capado, el cogollo recién fue desprendido.	64
Figura 24. Maguey picado consumido por ganado ovino.	64
Figura 25. Maguey podado.	65

Figura 26. Don Mateo Rómulo utilizando una tajadera para desprender las pencas de un maguey que terminó de producir aguamiel. Las pencas se usarán para forraje.	65
Figura 27. Doña Nicolasa San Pedro realizando el proceso de machucado en una penca asada.	66
Figura 28. Asado de las pencas viejas en la comunidad El Dadho.	67
Figura 29. Doña María Durán realizando el tallado a una penca de la variante <i>Xa'mni</i> (<i>Agave salmiana</i>). Los instrumentos utilizados en el proceso son: a) soporte o <i>nt'ots'i</i> ; b) mano o <i>nthexi</i> ; c) tablón o <i>jongí</i> ; d) bote con agua.	68
Figura 30. Don Mateo Rómulo enrollando el ixtle obtenido de la mitad de la penca en el <i>m'at'i</i> para continuar tallando la penca.	70
Figura 31. Doña Felipa Ángeles mostrando la técnica de <i>nk'u'ti</i> en las pencas más jóvenes de un <i>Xa'mni</i> . Nótese que la recolectora trata de cubrir todo su cuerpo con ropa, para evitar el contacto con el <i>gixe</i>	71
Figura 32. Manojos de ixtle recién tallado, sin lavar ni cardar.	72
Figura 33. Doña Felipa Pérez cardando un manojo de ixtle con la espina apical de una penca de maguey. Como se observa en la imagen, esta actividad se puede realizar dentro del hogar del tallador.	73
Figura 34. Mujer peinando fibra de maguey teñida. Fotografía: Katsumi Nakatake para Cooperativa La Flor del Valle, Ixmiquilpan, Hidalgo.	74
Figura 35. Doña Felipa Pérez cardando ixtle en una tabla con clavos. La tabla está sujeta firmemente a la base de un árbol de pirul.	74
Figura 36. Base, volante o contrapesos de piedra para malacate, exhibidos en el Museo de la Cultura <i>Hñähñu</i> , Ixmiquilpan, Hidalgo.	75
Figura 37. Comenzando el hilado del ixtle en el malacate.	76
Figura 38. Doña Felipa Pérez utilizando la urdidiera más chica (30.0 cm). Hay dos postes de madera en los extremos y un clavo como un tercer poste entre ellos. Con esto, algunos tejedores usan una misma urdidiera para dos ayates de diferente longitud. Sobre el asiento de la silla está el tramero, que contiene hilo que se usará en el telar de cintura.	77
Figura 39. Doña Rosa López utilizando la urdidiera de mayor longitud (100.0 cm) para elaborar ayates largos.	77
Figura 40. Doña Nicolasa San Pedro sentada en el piso sobre un ayate, insertando los hilos de la urdimbre en el peine para iniciar el tejido de un ayate. a) cordón atado al carrizo de urdimbre superior; b) carrizo urdimbre (superior) o <i>b'e</i> ; c) hilos de urdimbre; d) carrizo urdidor o <i>nt'ube</i> ; e) carrizo trama o <i>njuts'i</i> ; f) peine o <i>sani</i> ; g) elemento auxiliar para el terminado del tejido; h) carrizo urdimbre (inferior) o <i>b'e</i> ; i) nopal o <i>xät'ä</i>	79
Figura 41. Doña Nicolasa San Pedro exhibiendo los componentes del telar de cintura. a) carrizo urdidor o <i>nt'ube</i> ; b) carrizo trama o <i>njuts'i</i> ; c) nopal o <i>xät'ä</i> ; d) peine o <i>sani</i> ; e) carrizo para separar, tramero o <i>njät'i</i> ; f) carrizo urdimbre o <i>b'e</i> (inferior); g) mecupal o <i>nde</i>	80

Figura 42. Ayates de uso cotidiano elaborados por Doña Rosa López. A la izquierda con hilo de ixtle lavado y blanqueado, a la derecha tejido con hilo suavizado y bordado con motivos <i>hñähñu</i> como una flor o <i>doni</i>	82
Figura 43. Estropajos y bolsas de ixtle tejido con la técnica de gancho.....	83
Figura 44. Bandera <i>hñähñu</i> /otomí. El uso de la bandera fue integrado en la vida ceremonial de los pueblos otomíes en los primeros años del siglo XX como un emblema de identidad (INAH-MNA, 2016).....	99
Figura 45. Tipos de uniones textiles: a) randa; b) “A”; c) zigzag; d) relleno; e) pata de gallo (Gómez y Sánchez, 2008)	100
Figura 46. Ayate grande (100.0 x 100.0 cm) de uso cotidiano, con flores o <i>doni</i> bordadas con estambre sintético. Los dos lienzos que conforman el ayate tienen una unión tipo randa con estambre sintético de colores. Elaborado en Santa Ana Batha.	100
Figura 47. Ayate grande (100.0 x 100.0 cm) de trabajo, sin bordados; unión tipo zigzag con hilo de ixtle o <i>santhe</i> . Elaborado en El Dadho.	101
Figura 48. Bolsa conformada por dos lienzos pequeños (25.0 x 25.0 cm), unión tipo randa; con una rosa o <i>noxadoni</i> bordada con ixtle de maguey teñido; asas o tirantes trenzados, de ixtle de maguey teñido y forro interior de manta de algodón. Elaborada en San Andrés Daboxtha.	101
Figura 49. Bolsa tejida con la técnica de ganchillo (40 x 35 cm); las dos caras de la bolsa están unidas con la misma técnica, las asas están cosidas con el mismo hilo de ixtle de maguey; forro interior de manta de algodón. Adquirida en la tienda La Flor del Valle.	103

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación, usos y extracción de fibras vegetales (con base en: Cordero, 1959; Dewey, 1941; Maiti, 1995; Simpson & Conner, 1995; Sánchez-Potes, 1990; FAO, 2014).....	22
Tabla 2. Características físicas evaluadas por distintos autores para diferentes fibras vegetales (con base en Erhardt <i>et al.</i> , 1980; Maiti, 1995; Mayorga <i>et al.</i> , 2004; Caballero <i>et al.</i> , 2008).....	24
Tabla 3. Fibras extraídas del género <i>Agave</i> . Fibra industrial: sisal, henequén y lechuguilla. Fibra artesanal, el ixtle (con base en: FAO, 2014; Maiti, 1995 y SIAP-SAGARPA, 2014).....	25
Tabla 4. Variantes de la sección <i>Salmianae</i> identificadas en localidades del Valle del Mezquital, Hidalgo (con base en Mora <i>et al.</i> , 2011).....	34
Tabla 5. Nombres en <i>hñähñu</i> y español de algunas variantes de maguey aprovechadas en el Valle del Mezquital (con base en Rangel, 1987).....	35
Tabla 6. Usos registrados de las variantes de la sección <i>Salmianae</i> en localidades <i>hñähñu</i> del Valle del Mezquital (con base en Reyes-Agüero <i>et al.</i> enviado).	35
Tabla 7. Municipios que conforman el Valle del Mezquital, Hidalgo (Moreno <i>et al.</i> , 2006).	37
Tabla 8. Materiales y métodos utilizados para la medición de propiedades físicas de las fibras de <i>Agave salmiana</i> y <i>A. mapisaga</i> (Con base en: Mayorga <i>et al.</i> , 2004; Caballero <i>et al.</i> , 2008; Morton & Hearle, 2008).....	49
Tabla 9. Variantes utilizadas para la obtención de muestras de ixtle. (Con base en: Mora <i>et al.</i> , 2010; Rangel, 1987; Pérez, entrevista personal, septiembre, 2014).	60
Tabla 10. Instrumentos utilizados durante el proceso de tallado para la obtención de ixtle entre los <i>hñähñu</i> del Valle del Mezquital.....	69
Tabla 11. Componentes del telar de cintura y sus funciones. Con base en Hernández <i>et al.</i> , 2010; González-Cruz, 2009.....	81
Tabla 12. Valores promedio (y desviación estándar) de los atributos medidos en fibras de dos especies de <i>Agave</i> de la región de Ixmiquilpan, Hgo., de hojas con diferentes niveles de madurez (cogollo o joven, madura y vieja) y en distinta sección de la hoja (lateral y central).....	84
Tabla 13. Características físicas de las fibras laterales y centrales de dos especies de <i>Agave</i> de la región de Ixmiquilpan, Hgo.	85
Tabla 14. Características físicas de las fibras en tres niveles de madurez de las pencas de dos especies de <i>Agave</i> de la región de Ixmiquilpan, Hgo.....	86
Tabla 15. Color de la fibra de dos especies de <i>Agave</i> de la región de Ixmiquilpan, Hgo., con dos tratamientos del ixtle.....	87
Tabla 16. Características físicas de las fibras laterales y centrales de la variante <i>Xa'mni</i> (<i>Agave salmiana</i>) en cuatro comunidades del Valle del Mezquital, Hgo.	87
Tabla 17. Características físicas de las fibras en tres niveles de madurez de las pencas de la variante <i>Xa'mni</i> (<i>Agave salmiana</i>) en cuatro comunidades del Valle del Mezquital, Hgo.	89

Tabla 18. Color de la fibra de la variante <i>Xa'mni</i> (<i>Agave salmiana</i>) con dos tratamientos del ixtle en cuatro comunidades del Valle del Mezquital, Hgo.....	90
Tabla 19. Características físicas de las fibras laterales y centrales del cogollo de cuatro variantes: <i>Ma'ye</i> (<i>A. mapisaga</i>), <i>It'ui</i> (<i>A. salmiana</i> spp. <i>crassispina</i>), <i>Xa'mni</i> y Chino cenizo (<i>A. salmiana</i> var. <i>salmiana</i>) de la región de Ixmiquilpan, Hgo.	91
Tabla 20. Longitud, grosor, resistencia y color de algunas fibras vegetales (con base en: Dewey, 1941; Cordero, 1959; Ehrdt <i>et al.</i> , 1980; Sánchez-Potes, 1990; Hollen <i>et al.</i> , 1999; Mayorga <i>et al.</i> , 2004; NMXFF113SCFI2009; Castillo <i>et al.</i> , 2013)...	119
Tabla 21. Glosario de términos <i>hñähñu</i> -español asociados con el maguey, actividades y procesos para la obtención de aguamiel e ixtle en el Valle del Mezquital (con base en: Font Quer, 1953; Esparza, 1998; Aguirre <i>et al.</i> , 2001; González-Cruz, 2009; Hernández <i>et al.</i> , 2010).	120

1. Introducción

Diferentes grupos étnicos mantienen preferencias particulares sobre distintas especies y variantes vegetales, y a pesar de que una parte significativa de la biodiversidad humanizada está asociada a estos grupos étnicos, no se han realizado suficientes estudios controlados que lo demuestren (Perales y Aguirre, 2009).

Las plantas aprovechadas para la extracción de fibras no son la excepción, han sido utilizadas por los grupos humanos desde tiempos remotos para cubrir necesidades básicas, en un principio, para la elaboración de indumentaria y cuerdas. La fabricación de distintos artículos textiles y de jarcería ha evolucionado desde la torsión manual de dos fibras para obtener un hilo, la torsión de varios hilos para obtener un cordel o una cuerda y el entrelazado de varios hilos para obtener un tejido, hasta la utilización de artefactos como el huso, la rueca y el telar para hacer más eficiente el proceso (McKenna *et al.*, 2004).

Las características físicas, anatómicas y mecánicas de las fibras vegetales se relacionan al órgano de la planta de donde se extraen (tallo, hoja, fruto o raíz); se clasifican de acuerdo con sus características en suaves o bastas, duras y cortas. A su vez, estas características las delimitan en usos específicos, para fibras textiles, elaboración de papel, jarcería o usos industriales diversos (Simpson & Conner, 1995; FAO, 2014; Maiti, 1995; Dewey, 1941; Sánchez-Potes, 1990). Las fibras obtenidas de las hojas, conocidas como fibras duras, son largas, resistentes y bastas, generalmente utilizadas para elaborar bramantes, cepillos, costales y cuerdas. En este grupo se encuentran varias fibras obtenidas del género *Agave*, entre las más conocidas se encuentran *Agave sisalana* para obtener la fibra de sisal, *A. fourcroydes* para el henequén, *A. lechuguilla* para la fibra de lechuguilla (León, 2000). Por su parte, las especies *Agave salmiana* y *A. mapisaga* son más conocidas por su utilización para producir aguamiel y pulque (Gentry, 1982) en el Valle del Mezquital en el estado de Hidalgo, pero de ellas también se obtienen fibras de sus pencas con las que se elaboran piezas textiles artesanales como el ayate, *ronjua* o *donjua* (Mora *et al.*, 2010; Rangel, 1987; Hernández *et al.*, 2010). El grupo étnico que se ha distinguido para el aprovechamiento de estas especies, en dicho Valle, es el *hñähñu*. Los trabajos de investigación de las fibras de *Agave salmiana* y *A. mapisaga* en esta región se han dirigido principalmente a la descripción antropológica y muy general del conocimiento tradicional de la extracción y del hilado, con algunas apreciaciones cualitativas (Ramírez, 1937; Rangel, 1987; Parsons & Parsons, 1990; Ruschel, 2013). Ha la fecha hace falta el registro sistemático del proceso de selección de plantas, manejo de pencas, extracción de las fibras, proceso de hilado y tejido, y la valoración cuantitativa de algunas propiedades físicas de dichas fibras. Por ello, el presente trabajo de investigación pretende cumplir los siguientes objetivos:

- a) documentar el conocimiento tradicional de la cultura *hñähñu* del Valle del Mezquital en relación con el aprovechamiento de las fibras de *Agave salmiana* y *A. mapisaga*, y
- b) analizar la variabilidad de las características físicas de las fibras en ambas especies de *Agave*, sus variantes y el grado de madurez de la penca

Con base en el análisis morfológico de Mora *et al.* (2010), quienes registraron diferencias morfológicas entre las variantes de *A. salmiana* y *A. mapisaga*, por lo tanto, las fibras extraídas de las variantes de estas dos especies tendrán características físicas distintas.

Para el análisis etnobotánico se documentó el conocimiento tradicional mediante entrevistas y pláticas con informantes *hñähñu* en el Valle del Mezquital involucrados en el manejo de las variantes de *Agave salmiana* y *A. mapisaga*, particularmente en su aprovechamiento para la obtención fibra y posterior elaboración de productos artesanales; para la valoración de las características físicas se llevaron a cabo las mediciones y ensayos pertinentes (medición de longitud, grosor, peso, ensayos de tracción y color) con base en la literatura revisada.

Algunas palabras técnicas referentes a la actividad de extracción de ixtle tienen su origen en el náhuatl y otras en el *hñähñu* u otomí, por lo que en el desarrollo de la investigación se incluyen los términos en ambas lenguas para ampliar y enriquecer el vocabulario que envuelve el contexto del manejo del género *Agave* en la región de estudio.

Esta memoria de tesis se divide en cuatro capítulos: 1) revisión de literatura para la contextualización de las fibras vegetales, del género *Agave*, y de los *hñähñu* del Valle del Mezquital; 2) materiales y métodos que se utilizaron para la exploración etnobotánica, la recolección de muestras, la valoración de las características físicas de las fibras y el análisis estadístico; 3) resultados; y 4) discusión.

REVISIÓN DE LITERATURA



*Pencas de Hok'uada
Fotografía: Alicia Reyes Samilpa*

2. Revisión de literatura

2.1. Etnobotánica

El aprovechamiento de las plantas por grupos humanos data de épocas prehistóricas. La avanzada relación de dependencia de los humanos hacia las plantas para satisfacer sus necesidades básicas (alimento, medicina, abrigo, entre otras) permitió la transición cultural de muchos grupos humanos de cazadores-recolectores nómadas a sedentarios, con la domesticación de plantas y animales y el desarrollo de la agricultura. En los siglos posteriores, la búsqueda de productos naturales con potencial comercial durante las exploraciones científicas y el descubrimiento de nuevas especies y usos en diferentes zonas del planeta, ampliaron el panorama de estudio entre la relación de grupos humanos y plantas. A partir del siglo XVIII, se recurrió a la botánica descriptiva para la identificación, clasificación y ordenación de las especies vegetales. Un antecedente significativo se dio en el siglo XVII con la obra *Methodus plantarum* de John Ray en 1682; luego, la botánica pasó de ser descriptiva, a su formalización sistemática con la obra *Species plantarum* de Carl Linnæus en 1753, donde propuso la nomenclatura binomial y el latín para nombrar a las especies, con ello se estableció una base científica para la disciplina etnobotánica (Levy y Aguirre, 2000).

El término etnobotánica fue propuesto por J.W. Harshberger en 1895 (Barrera, 1979), con el propósito de estudiar la importancia que tienen las plantas y sus productos en los grupos humanos primitivos. Para Ford (1978, citado por Levy y Aguirre, 2000) la definición de la etnobotánica debe incluir a todas las culturas en la relación hombre-planta, ya que el concepto de “primitivo” se restringe a sólo algunas culturas.

En México, las aportaciones a la etnobotánica tuvieron distintos enfoques. La contribución de Maldonado-Koerdell fue la de establecer las relaciones interdisciplinarias en la etnobiología y trazar sus métodos. Más adelante, Hernández Xolocotzi (1970) definió que los elementos de estudio de la etnobotánica están determinados por dos factores: el medio (condiciones ecológicas) y la cultura donde se interrelacionan plantas y humanos a través del tiempo. La etnobotánica se basa entonces, en la historia de cada grupo cultural, el medio en que se desenvuelve y las condiciones económicas y sociales que existan (Levy y Aguirre, 2000; Barrera, 1979). Así, la definición de etnobotánica que se usa en esta memoria de tesis es la de Levy y Aguirre (2000): el estudio de las correlaciones o relaciones recíprocas entre el género humano y las plantas a través de hechos, procesos, productos y otras manifestaciones culturales.

2.2. Fibras Vegetales

2.2.1. Generalidades

Las fibras son filamentos por lo general delgados, flexibles, finos y con alta proporción de longitud en relación con su grosor (Morton & Hearle, 2008). Existen fibras artificiales o sintéticas y fibras naturales. Las fibras sintéticas como el nailon o el poliéster se obtienen por procesos industriales y se elaboran con base en compuestos químicos derivados del petróleo (Smith, 1999). Existen también fibras elaboradas de asbesto o fibra de vidrio (Gowda, 2000; McKenna *et al.*, 2004). Las fibras naturales son las que se obtienen de un ser vivo. Las fibras animales como la lana y la seda, tienen un alto contenido de proteína en su estructura celular, por ello son susceptibles a ser afectadas por polillas y por lo general son fibras destinadas a la producción textil por ser suaves, flexibles y térmicas. Las fibras vegetales son células con una pared celular secundaria multilaminada, se caracterizan por su proporción variable de celulosa, hemicelulosa y lignina (Simpson & Conner, 1995). Existen más de mil especies de plantas que producen fibras (Robles, 1991). La distribución de las fibras en una planta suele ser evidente en las hojas, debido al tejido celular foliar relativamente visible; menos visibles son las fibras en tallos y raíces, que se presentan en la periferia o bajo la epidermis y también pueden encontrarse alrededor de los haces vasculares, a manera de vainas (Alonso, 2011). Por su composición química, las fibras vegetales pueden llegar a ser afectadas por hongos, mohos o termitas (Simpson & Conner, 1995).

El 90 % de la producción mundial de fibras vegetales es para fines textiles (Gowda, 2000), es decir que con ellas se pueden formar hilos y tejidos (DRAE, 2014); las palabras tejer y textil tienen la misma raíz latina *texere*, que significa tejido; textil viene de *textus* que es su pasado participio (Aónimo, 2011); de lo que se infiere que el textil se elabora con fibras que se pueden entretejer, que al unir las, así permanecen. Según Keller (2009) un hilo es un filamento o una hebra larga y fina que se obtiene retorciendo una fibra. Las fibras vegetales también se usan en la producción de cordeles, redes y cestería, es decir productos no tejidos. Las fibras poco aptas para fines textiles, no se pueden hilar, pues son resbaladizas y cortas (Simpson & Conner, 1995), y por ello, se utilizan en cestería, apelmazadas con productos de relleno o unidas con pegamento para productos aglomerados. Ejemplos de ellas son las fibras de papiro (*Cyperus papyrus*) y de baobab (*Adansonia digitata*) (Hill, 1937).

2.2.2. Clasificación y utilización

Los principales criterios de clasificación de las fibras son su cantidad de células, suavidad o rigidez, el órgano vegetal de donde se extraen, e incluso el objetivo de su utilización (Tabla 1).

Tipo de fibra. Esta categoría incluye características anatómicas, físicas y mecánicas que determinan la forma, suavidad o coloración de una fibra.

- a) Fibras cortas. Son fibras unicelulares, como las del algodón (*Gossypium* spp.), bonote (*Cocos nucifera*) y pochote, conocido también como ceiba o kapok (*Ceiba pentandra*) (Robles, 1991).
- b) Fibras suaves. Son fibras multicelulares, suaves; también se les conoce como fibras bastas (del germano *bastjan*, zurcir, coser) (DRAE, 2014); su suavidad les permite ser usadas en hilados finos. Son fibras que se obtienen del floema (Robles, 1991; Sánchez-Potes, 1990) o fibras liberianas (el líber es parte del cilindro central de las magnoliópsidas, antes dicotiledóneas, formado por haces pequeños de vasos cribosos, en los árboles se ubica entre la corteza y la madera, Font Quer, 1953; DRAE, 2014), son muy apreciadas por la suavidad y flexibilidad para el tejido, siendo las más representativas el cadillo o yute del Congo (*Urena lobata*), el lino (*Linum usitatissimum*), el ramio (*Boehmeria nivea*) y el yute (*Corchorus capsularis*) (Robles, 1991).
- c) Fibras duras. Las fibras duras son multicelulares, rugosas al tacto, parcialmente flexibles, debido a la presencia de lignina y hemicelulosa (McKenna *et al.*, 2004). En este grupo predominan las fibras extraídas de varias especies de *Agave* como: cantala (*Agave cantala*), henequén (*A. fourcroydes*), ixtle (*A. salmiana* y *A. mapisaga*), lechuguilla (*A. lechuguilla*), letona (*A. letonae*), sisal (*A. sisalana*) y zapupe (*A. angustifolia* y *A. zapupe*). Pero también de otras especies como: bambú común (*Bambusa emeiensis*), bambú moso (*Phyllostachys edulis*) e izote o palma samandoca (*Yucca carnerosana*). La principal aplicación de las fibras duras es para elaborar cordeles, bramantes y cepillos (Sánchez-Potes, 1990; Morton & Hearle, 2008).

Órgano de extracción

- a) Las fibras que se obtienen del tallo se denominan caulinares, que son a su vez suaves y bastas, se encuentran normalmente en posiciones periféricas, por debajo de la epidermis o más internamente, frecuentemente asociadas al xilema, rodeándolo (Alonso, 2011; Simpson & Conner, 1995) y tienen la función de fortalecer los tejidos del tallo (McKenna *et al.*, 2004). En esta clasificación se encuentran las fibras de cadillo, cáñamo (*Cannabis sativa*), kenaf (*Hibiscus cannabiuns*), lino, ramio y yute (en lo sucesivo, sólo se escribirá el nombre científico, la primera vez que se mencione una especie vegetal).
- b) De la hoja se extraen las fibras foliares, que se distribuyen casi siempre donde hay colénquima (Simpson & Conner, 1995; Maiti, 1995; Alonso, 2011). Estas fibras se encuentran asociadas a los haces vasculares y están dispuestas a todo lo largo de la hoja. Las hojas que se usan para extraer fibras son de la clase liliópsida (antes, monocotiledónea), estas fibras característicamente están dispuestas en forma paralela a lo largo de la hoja, en contraste con las fibras anastomadas de las magnoliópsidas (McKenna *et al.*, 2004). De acuerdo con Bianco *et al.* (2004), las hojas de las liliópsidas desarrollan una gran cantidad de esclerénquima en forma de fibras, en asociación con los haces o en cordones separados. La disposición, localización y

número de haces vasculares varían con las especies utilizadas. La mayor cantidad de las fibras foliares se obtienen de especies de la subfamilia Agavoideae, por ejemplo la fibra de cantala, henequén, ixtle, izote, lechuguilla, letona, sisal y zapupe.

- c) Las fibras que se obtienen de la raíz se denominan radicales, que son gruesas, ásperas y rizadas, rodeadas de una capa cortical, como las del zacatón (*Muhlenbergia macroura*); estas fibras llegan a alcanzar hasta 1 mm de grosor y 30 cm de longitud (Romeu, 1994, citado por Gutiérrez *et al.*, 2002).
- d) Del fruto, pero más particularmente de las semillas, también se obtienen fibras, por eso más apropiadamente se nombran fibras seminales. Estas fibras son cortas, unicelulares y por lo regular están asociadas a frutos tipo cápsula, en ellos la fibra protege a la semilla y le confiere flotabilidad para su dispersión en el agua (Robles, 1991; Simpson & Conner, 1995). Un ejemplo de fibra seminal es el algodón; es en la pared celular de su cubierta seminal en donde se desarrollan las células epidérmicas de las que se derivan dos clases de fibras: unas largas y delgadas y otras más cortas y adheridas a la semilla (León, 2000; Maiti, 1995). Otras fibras seminales son las del pochote, que son demasiado cortas y resbaladizas para ser hiladas, pero se usaban para relleno de salvavidas por ser ligeras e impermeables (Simpson & Conner, 1995). Por otro lado, la fibra conocida como bonote, se obtiene del fruto del coco, es decir “del esclerénquima asociado con bandas vasculares presentes y desarrolladas en el pericarpio del fruto” (Maiti, 1995).

Utilización. La utilización de las fibras está en relación con algunas de sus características físicas, principalmente longitud, textura y flexibilidad.

- a) Fibras textiles. Un textil contiene hilos con los que se pueden hacer tejidos. El algodón, tanto por su característica de suavidad como la tecnología desarrollada para su obtención e hilado, se utiliza para la producción de cobijas, hilos, ropa, sábanas, telas finas, entre otras. El lino es materia prima frecuente en la producción de alfombras, hilados, lonas, ropa y telas. Con el kenaf se realizan hilados y tejidos. Las fibras de henequén y lechuguilla se utilizan para elaborar alfombras, bolsas y cortinas al igual que el cáñamo, sólo que este es más frecuente en la fabricación de indumentaria marítima por su resistencia a la salinidad. El yute, a pesar ser una fibra suave, se usa para elaborar productos de arpillería. Tanto el ixtle como el zapupe son utilizados para elaborar ayates, bolsas y morrales. Con el izote se fabrican bolsas, cintos, sandalias y vestidos. El principal uso registrado del bonote es el de elaborar tapetes (Simpson & Conner, 1995; FAO, 2014; Maiti, 1995; Dewey, 1941; Sánchez-Potes, 1990).
- b) Jarciería. La jarciería es el ramo que comercia con objetos de fibra vegetal (DRAE, 2014), incluye principalmente fibras usadas para elaborar objetos para el trabajo rudo, como costales y cuerdas, para los que se utilizan, por su resistencia, fibras como el abacá, cadillo, cáñamo, henequén, izote, kenaf, lechuguilla, yute, y zapupe; aunque también se utilizan con frecuencia el algodón, bonote y zacatón para cuerdas o sacos

más suaves y de uso regular. Cepillos, escobas y estropajos también se pueden encontrar en esta clasificación (Simpson & Conner, 1995; FAO, 2014; Maiti, 1995; Dewey, 1941; Sánchez-Potes, 1990).

- c) Papel. Para que una fibra sea apta para la fabricación de papel, la tasa de longitud de células al diámetro y la tasa del lumen al diámetro de la célula deben ser grandes para dar una resistencia y flexibilidad adecuada al producto. En esta industria está registrado el aprovechamiento de fibras de algodón, cadillo, cáñamo, henequén, kenaf, lino, sisal y yute (Maiti, 1995); sin embargo, las fibras de mayor importancia para la producción de papel son las de la industria maderera como *Picea glauca*, *P. rubens*, *P. sitchensis* y *Pinus palustris*, el algodón y el lino, y las fibras de papiro son más usadas en India y en África (Hill, 1937).
- d) Cestería y redes. El abacá, el bonote y el izote se utilizan para redes de pesca por su alta resistencia a la salinidad. En la cestería, se utiliza fibra de henequén, ixtle, izote y sisal (Maiti, 1995).
- e) Otros. En esta clasificación se agrupa una amplia gama de productos que incluye aislantes, bandas transportadoras, envolturas, filtros, recubrimientos y rellenos, y pueden ir combinados distintos tipos de fibras e incluso otro material para recubrir. Algunos usos destacados son los del ramio, que se usa para fabricar llantas, mangueras, recubrimiento interno de lámparas y tapicería; el abacá para la fabricación de bolsas comerciales de té, envolturas de alimentos y medicamentos, filtros de cigarrillo, papel moneda y como sustituto de la fibra de vidrio; henequén y sisal también para bolsas de té; el bonote funge como material adecuado para la fabricación de macetas y paneles de aislamiento; y se recurre al pochote como relleno de almohadas, boyas, colchones y salvavidas, así como para recubrir neveras (Simpson & Conner, 1995; FAO, 2014; Maiti, 1995; Dewey, 1941; Sánchez-Potes, 1990).

2.2.3. Métodos y técnicas de extracción de fibras

También existe una variedad de técnicas para la extracción de fibras, las hay manuales, mecánicas y químicas.

Manuales

- a) Enriado. Consiste en sumergir los tallos o las hojas en agua, el tiempo necesario para que los tejidos vegetales se separen de la materia fibrosa por acción de microorganismos descomponedores (Dewey, 1941). Durante el proceso se degradan y solubilizan las sustancias gomosas y pécticas que cementan las fibras entre sí, de ahí que éstas puedan entonces separarse con facilidad.
- b) Tallado manual. Este tallado es común para obtener las fibras de los magueyes *A. salmiana*, *A. crassispina* y *A. lechuguilla*; su objetivo es eliminar la epidermis de la hoja y separar las fibras del guishe o bagazo (tejido succulento, parenquimatoso de la hoja) (Reyes-Aguero *et al.*, 2000). Para las dos primeras especies Macedo (1950)

registró que “...se forman manojos o haces de hojas que se golpean o se majan con palos sobre una piedra, para facilitar el desprendimiento de la pulpa o parénquima que rodea la fibra; terminada esta operación, colocan estos haces sobre una tabla angosta y los amarran a un clavo puesto cerca de un extremo; esta parte de la tabla la apoyan sobre su epigastrio, llamado comúnmente “boca de estómago”, y la otra la descansan en el suelo; con una cuchilla de madera o de hierro con filo romo, tallan de arriba hacia abajo las pencas hasta desprenderles toda la pulpa y dejar sólo la fibra; después de esto, se lava y se pone a secar a la sombra”.

En el caso de la lechuguilla, en el proceso manual se tallan principalmente las hojas del cogollo (que son las hojas más jóvenes de la planta); se les eliminan las espinas marginales y el ápice; para despulparlas se usa un cuchillo largo con filo romo, con el cual se presiona la hoja contra un pedazo de madera que se llama banco. Al momento de presionar la hoja, el recolector la jala hacia él; primero talla de la parte media de la hoja hacia el ápice y luego de la parte media a la base de la hoja. El proceso se repite cuantas veces sea necesario, por lo general cinco veces por hoja, hasta eliminar todo el tejido succulento y dejar sólo la fibra (Dewey, 1941; Reyes-Agüero *et al.*, 2000).

Mecánicas

Existen dos procesos mecánicos: descortización y desmotado. La descortización es una técnica aplicada a fibras caulinarias, en las que se remueve la corteza de los tallos con una máquina descortezadora. La fibra conserva residuos de tejidos y gomas, por lo que debe secarse al sol (Maiti, 1995). Este proceso también se aplica en la extracción de fibras foliares como la lechuguilla y la de algunas plantas utilizadas para elaborar mezcal de tequila, a partir de las hojas del cogollo y del resto de la roseta (Dewey, 1941; Mayorga *et al.*, 2004). El desmotado es un proceso que se usa para las fibras seminales del algodón. La máquina que desfibra es popularmente conocida como despepitadora, porque en español coloquial la pepita es la semilla de ciertos frutos (DRAE, 2014). La despepitadora desprende las fibras de la testa de la semilla (Simpson & Conner, 2001).

Químicas

- a) Hidrólisis. Es un proceso para la extracción de fibras de maguey pulquero (*Agave salmiana*), similar al enriado, sólo que aquí, una vez que el agua y los microorganismos desintegradores eliminan la pulpa de las hojas de maguey, la fibra se lava en soluciones con pH entre 4 y 12; luego, se elimina el exceso de agua, se realiza un proceso mecánico para eliminar los residuos y por último, se seca (Macedo, 1950).
- b) Desgomado. Este es un proceso complementario al descortezado para la extracción de la fibra del ramio, con el cual se remueven pectinas y gomas que han quedado adheridas a las fibras; para ello, se sumergen en una solución de sosa cáustica, fosfatos y agua caliente, hasta dejarlas limpias (Maiti, 1995).

Tabla 1. Clasificación, usos y extracción de fibras vegetales (con base en: Cordero, 1959; Dewey, 1941; Maiti, 1995; Simpson & Conner, 1995; Sánchez-Potes, 1990; FAO, 2014).

Órgano extracción	Nombre científico	Familia	Nombre de la fibra	Tipo de fibra	Método de extracción	Usos principales (T=textil, J=jarciería, O= otros)
Tallo (fibras caulinares)	<i>Boehmeria nivea</i>	Urticaceae	Ramio	Suave, basta	Descortezado-golpeteo-raspado	T: ropa, telas O: mangueras, llantas, recubrimientos internos de lámparas, tapicería
	<i>Cannabis sativa</i>	Cannabaceae	Cáñamo o hemp	Suave, basta	Enriado/desfibrado mecánico	T: alfombras, lonas, indumentaria marítima J: bramantes O: embalaje, lienzos, papel
	<i>Corchorus capsularis L.</i>	Malvaceae	Yute	Suave, basta	Enriado	T: alfombras, bolsas, cortinas J: cordeles O: bandas transportadoras, lienzos, papel, tapiz
	<i>Crotalaria juncea</i>	Fabaceae	Cáñamo sun	Suave, basta	Enriado-descortezado/tallado manual	J: bramantes, redes, sacos, sandalias O: papel de cigarrillos, papel moneda
	<i>Hibiscus cannabinus</i>	Malvaceae	Kenaf	Suave, basta	Descortezado/enriado	T: hilados, tejidos J: bramantes O: papel
	<i>Linum usitatissimum</i>	Linaceae	Lino	Suave, basta	Desgargolado-enriado-macerado	T: alfombras, hilos, lonas, telas, ropa O: papel, aislante
	<i>Urena lobata</i>	Malvaceae	Yute del Congo o cadillo	Suave, basta	Enriado	J: sacos O: papel, relleno
Hojas (fibras foliares)	<i>Agave angustifolia/ A. zapupe</i>	Asparagaceae (subfamilia Agavoideae)	Zapupe	Dura	Tallado manual	T: bolsas, morrales, ropa J: cordeles, sandalias, redes
	<i>Agave fourcroydes</i>	Asparagaceae (subfamilia Agavoideae)	Henequén	Dura	Tallado manual/ tallado mecánico	T: arpilleras, bolsas, alfombras J: cuerdas, costales, sacos, petates O: papel, relleno, bolsas para té
	<i>Agave lechuguilla</i>	Asparagaceae (subfamilia Agavoideae)	Lechuguilla	Dura	Tallado manual/ tallado mecánico	T: bolsas, hilos, tapetes J: cepillos, costales O: material para pulir
	<i>Agave salmiana/ A. mapisaga</i>	Asparagaceae (subfamilia Agavoideae)	Ixtle de maguey	Dura	Tallado manual	T: ayates, bolsas, blusas, mecapales O: aretes, estropajos, figurillas

Órgano extracción	Nombre científico	Familia	Nombre de la fibra	Tipo de fibra	Método de extracción	Usos principales (T=textil, J= jarcería, O= otros)
Hojas (fibras foliares)	<i>Agave sisalana</i>	Asparagaceae (subfamilia Agavoideae)	Sisal	Dura	Tallado manual/ descortezado	J: costales, cuerdas, petates, sacos O: bolsas para té, combinado con plástico, papel, relleno
	<i>Ananas comosus</i>	Bromeliaceae	Piña	Dura	Tallado manual/ tallado mecánico	T: hilos, tejidos, urdimbre
	<i>Furcraea cabuya</i>	Asparagaceae	Cabuya		Desfibrado mecánico-enriado	J: alfombras, alpargatas, cordeles, hamacas, lazos, sacos
	<i>Musa textilis</i>	Musaceae	Abacá o cáñamo de Manila	Dura	Descortezado mecánico-raspado (se obtiene de los pecíolos)	T: cortinas, ropa, tapicería J: bramantes, redes de pesca, sacos O: bolsas para té, envolturas de alimentos y medicamentos, papel moneda, filtros de cigarrillos, rellenos,
	<i>Yucca carnerosana</i>	Asparagaceae (subfamilia Agavoideae)	Izote	Dura	Tallado manual/ tallado mecánico	T: bolsas, cintas, sandalias, vestidos J: bramantes, escobas, cepillos, costales, cestas, redes O: construcción
Semillas/ frutos (fibras seminales)	<i>Cocos nucifera</i>	Arecaceae	Bonote	Corta	Enriado/ tallado mecánico	T: tapetes J: cepillos, escobas, sogas, redes de pesca O: embalaje, macetas, relleno, paneles de aislamiento
	<i>Ceiba pentandra</i>	Malvaceae subfamilia Bombacoideae	Pochote	Corta	Tallado manual/ tallado mecánico	O: almohadas, colchones, relleno de boyas y salvavidas, recubrimiento de neveras
	<i>Gossypium hirsutum</i>	Malvaceae	Algodón	Corta	Desmotado-pizado-golpeado	T: cobijas, hilos y telas finas, ropaje, sábanas, J: cuerdas O: papel
Raíz (fibras radicales)	<i>Muhlenbergia macroura</i>	Poaceae	Zacatón, broomroot o escobilla	Diversa	Escardado-picado-restregado	J: cepillos, escobas de uso rudo

2.2.4. Valoración de las características físicas de las fibras

Debido a la ausencia de antecedentes específicos para la caracterización de las fibras de *Agave salmiana* y *A. mapisaga*, se revisaron los métodos de medición para diferentes tipos de fibras vegetales (Erhardt *et al.*, 1980; Maiti, 1995; Mayorga *et al.*, 2004; Caballero *et al.*, 2008) (Tabla 2).

Tabla 2. Características físicas evaluadas por distintos autores para diferentes fibras vegetales (con base en Erhardt *et al.*, 1980; Maiti, 1995; Mayorga *et al.*, 2004; Caballero *et al.*, 2008).

Evaluación de características físicas de distintas fibras vegetales				
Característica evaluada	Fibras vegetales diversas	Fibras de <i>Agave</i> spp.	Fibras de <i>A. sisalana</i> y <i>A. fourcroydes</i>	Fibras de <i>A. angustifolia</i>
Área de la sección transversal				✓
Brillo			✓	
Capacidad de teñido			✓	
Cohesión (mantener las fibras juntas)	✓			
Coloración	✓	✓	✓	
Daño mecánico		✓		
Elasticidad	✓			✓
Elongación máxima		✓		
Fineza, finura o densidad lineal	✓	✓	✓	
Limpieza	✓			
Longitud	✓		✓	
Porcentaje de deformación				✓
Porosidad	✓			
Prueba de combustión			✓	
Pureza			✓	
Resistencia a la tensión	✓	✓	✓	✓

Los autores coinciden en evaluar al menos las siguientes características físicas: longitud, peso, grosor, densidad lineal y resistencia (Erhardt *et al.*, 1980; Maiti, 1995; Mayorga, 2004; Caballero *et al.*, 2008).

2.2.5. Fibras de maguey (*Agave* spp.)

Las fibras de maguey son foliares y duras, extraídas de *Agave sisalana*, *A. fourcroydes*, *A. lechuguilla*, *A. angustifolia*, *A. salmiana* y *A. mapisaga*. Las fibras del sisal y el henequén son de las fibras con mayor importancia económica en el nivel mundial (Dewey, 1941;

Gentry, 1982) y la lechuguilla en el nivel nacional (Reyes-Agüero *et al.*, 2000; Mayorga *et al.*, 2004).

Tabla 3. Fibras extraídas del género *Agave*. Fibra industrial: sisal, henequén y lechuguilla. Fibra artesanal, el ixtle (con base en: FAO, 2014; Maiti, 1995 y SIAP-SAGARPA, 2014).

Fibra (especie)	Principales países productores	Aspectos ecológicos		Obtención de la fibra		Características de la fibra
		Clima	Suelo	Edad aprox. de la planta	Método	
Sisal (<i>Agave sisalana</i>)	Angola, Brasil, China, Cuba, Haití, Indonesia, Kenia, Madagascar, Mozambique, México, Sudáfrica, Tanzania y Tailandia	Tropical seco	Casi todos, salvo en los muy húmedos, salinos o arcillosos	2 a 2.5 años	Mecánico y manual	Basta, fuerte, resistente a la salinidad
Henequén (<i>A. fourcroydes</i>)	México, Cuba y El Salvador	Tropical seco	Calcáreos, en su mayoría pedregosos pero también arenosos y limosos	6 a 7 años	Mecánico	Basta; color blanco cremoso;
Lechuguilla (<i>A. lechuguilla</i>)	México	Semiárido	Calizos, rocosos, arcillosos e ígneos	6 años	Mecánico y manual	Basta, fuerte, higroscópica
Ixtle (<i>A. salmiana</i> , <i>A. mapisaga</i>)	México	Semiárido	Calizos	8 a 12 años	Manual	Gruesa, resistente, duradera

2.2.6. El ixtle de maguey en Mesoamérica

Con el término ixtle (del náhuatl *ichtli* que significa hilo, hilaza, paquete, madeja de hilo de maguey) (Siméon, 1977) se designan algunos tipos de fibras extraídas de especies del género *Agave*, como *A. salmiana*, *A. mapisaga*, *A. lechuguilla* y *Yucca carnerosana* (Mesa y

Villanueva, 1948; Nava, 1968; Rzedowski, 1978; Sheldon, 1980). En *hñähñu* se emplea la palabra *jonxähi* para referirse al ixtle de maguey recién extraído, que da comezón, y *santhe* para el ixtle ya seco e hilado (Hernández *et al.*, 2010). En la presente investigación se utiliza exclusivamente para las fibras que se obtienen de *Agave salmiana* y *A. mapisaga*.

Los grupos humanos mesoamericanos de cazadores-recolectores utilizaban la fibra de maguey para elaborar cordeles con la técnica de torsión manual (Figura 1), esta es hasta hoy la prueba arqueológica más antigua de su uso en la época prehispánica (Montúfar y Anzures, 2014). También se han encontrado sandalias de aproximadamente 8000 años de edad, hechas con este material (Crane y Griffin, 1958; Rodríguez, 1985). A pesar de estos registros, las pruebas arqueológicas del trabajo de extracción de la fibra de las pencas son escasas (Parsons & Parsons, 1990).



Figura 1. Cordel con nudos. Cueva de Coxcatlán, Tehuacán, Puebla (INAH-SLAA-Montúfar y Anzures, 2014).

En los códices se registró la importancia socio económica de los tejidos con fibras de maguey entre los pueblos mesoamericanos. Los ayates, enaguas, cacles (sandalias en náhuatl) y mantas más simples eran utilizados por el pueblo en general (Soustelle, 1993; Perdígón, 2008); cuando estas piezas se teñían, bordaban o se les añadía otro material durante el hilado, como algodón, pelo de conejo o plumas, entonces se consideran más valiosas, se vendían a mayor precio para ser utilizadas por niveles sociales altos o se tributaban (Figura 2) (Oliver, 1995; Perdígón, 2008). También se elaboraban capas muy finas de ixtle con motivos animales y vegetales bordados en hilo de algodón. Es posible que los otomíes adoptaran esta técnica del intercambio cultural con los nahuas (Gallop, 1936, citado por Soustelle, 1993).

Sahagún (1985) en su “Historia general de las cosas de la Nueva España” relata distintas formas de adquirir piezas de hilo de maguey:

- Apuestas. Durante la contienda del juego de pelota (*ollamaliztli*) la gente apostaba sus joyas y otras pertenencias, como mantas de fibra de maguey.
- Intercambio. Las prendas más simples de ixtle, que eran usadas por los integrantes de menor nivel económico, se intercambiaban principalmente con los chichimecas o nahuas (Soustelle, 1993). Por otro lado, en Azcapotzalco ocurría que las mantas de ixtle se intercambiaban por esclavos, y el precio era de 30 a 40 mantas por esclavo.

- Ofrendas. Cuando se preparaban banquetes, las mujeres que acudían, daban una manta de ixtle al organizador como cooperación. Cuando ocurría un fallecimiento, también se ofrendaba una manta para envolver al cuerpo.
- Venta. Mantas (delgadas o ralas), enaguas y huipiles de ixtle de maguey, que no eran muy elaboradas, generalmente no tenían mucho valor y las vendían baratas.

De manera más detallada, en el Códice de Mendoza se relatan los tipos de mantas de ixtle de maguey que se tributaban:

- Tributos. Los pueblos de Hueyphuchtla, Ocuilan y Xilotepec tributaban cada seis meses mantas de hilo de maguey con distintas labores a los señoríos aztecas: *ychtimatli* (las más simples, es decir blancas y sin ningún bordado) que se destinaban para los macehuales; *nacazminqui* (teñidas de color amarillo y rojo divididos diagonalmente); otras llamadas *huitzilla tlacovitectli* (mantas mostrando un colibrí herido por un palo) y las *eecailacatzcuzcatl* (joya-espiral-viento) que se destinaban para uso exclusivo de amos y mandatarios.

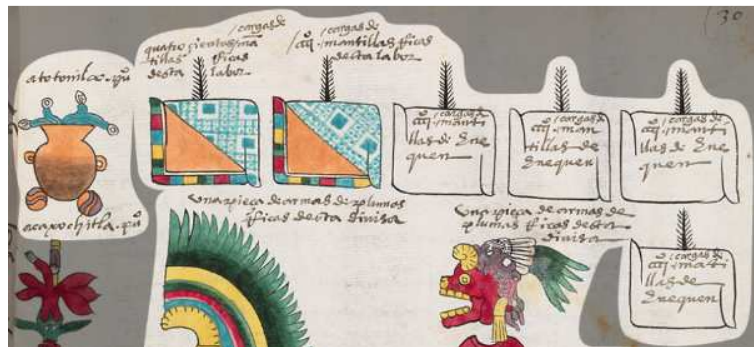


Figura 2. Tributos de huipiles y mantas de ixtle de maguey (Códice Mendoza, folio 27).

De acuerdo con Sahagún (1985), cuando se hacía alguna una fiesta, los mercaderes principales vestían mantas de maguey “bien tejidas”, mientras que los nobles usaban estas mismas cuando la fiesta era en su casa, y las ataban de tal manera que siguieran demostrando su nobleza.

Los productos textiles de ixtle de maguey más distinguidos por su buena confección y bajo costo eran elaborados por otomíes y mazahuas, principalmente del Valle del Mezquital. El arte del tejido era exclusivo de mujeres, quienes alrededor de los cinco años de edad iniciaban su aprendizaje (Oliver, 1995). La indumentaria prehispánica usada por los otomíes eran tilma, ayate y braguero para los hombres, y huipiles y enaguas de ixtle para las mujeres. Al parecer, los nobles vestían tilmas y otras piezas hechas con algodón (Ruschel, 2013).

La producción textil de los grupos otomíes con fibra de maguey tuvieron las siguientes características:

1. Hilado a mano y cordelería
2. Hilado con huso
3. Tejido de indumentaria
4. Bordado y combinación con otros materiales textiles (Oliver, 1995; Soustelle, 1993).

Entre los náhuatl, para cubrir el cuerpo empleaban un manto o *tilmatli* que, pasando por debajo de una axila, se anudaba sobre el hombro contrario; las tilmas de un *pipiltin* (noble) y un *macehualtin* (ciudadano común) eran similares, la diferencia estaba en la calidad de los materiales, su decoración y en su longitud. La tilma de los macehuales era de fibra áspera de maguey y su longitud no excedía las rodillas; el manto del noble era de algodón y solía estar adornado con colores, plumas y pelo de conejo. Del vestido femenino se menciona la falda, cinturón y huipil, no se mencionan diferencias en materiales, pero seguramente se aplicaban las mismas reglas que en los hombres, sólo se menciona que el huipil con mayor cantidad de trabajo bordado, eran más costosos y con ello se marcaba la diferencia entre mujeres de clases sociales distintas. El calzado de ambos sexos eran sandalias (*cacles*) hechas con ixtle, pero al parecer sólo se calzaban los nobles para recorridos cortos, en interiores y en ocasiones especiales (Escalente, 2004).

El uso de la tilma de ixtle como prenda de vestir fue disminuyendo paulatinamente. Al inicio de la colonia, a los españoles les parecía que los indígenas iban semidesnudos, por ello, los *pipiltin* empezaron a usar camisas de algodón, chamarras, zapatos y sombreros de fieltro; aunque algunos seguían usando la tilma a la vieja usanza, pero se la ponían encima de la camisa (Menegus, 2004). En la actualidad aún se ven algunos hombres y mujeres de edad avanzada que en la región de Ixmiquilpan, con su ropa de mestizos los hombres y las mujeres con huipiles, portan orgullosos su ayate fino sobre la cabeza, a manera de capa, para cubrirse del sol; algunos traen su ayate más tosco para cargar en él lo cosechado o los objetos que compran y venden (Figura 3), también lo usan para no sentarse directamente en el suelo cuando tejen, desgranar maíz o preparan tortillas; ocasionalmente para cargar y transportar a los bebés sobre la espalda de la madre; menos usual pero aún vigente, es su uso en ceremonias religiosas, como ofrenda a los santos o como ofrenda junto a las pertenencias de los difuntos, de manera que cubra la cabeza de la mujer o el hombro del hombre (Rangel, 1987; Parsons & Parsons, 1990; Núñez, 2012; Ruschel, 2013).



Figura 3. Ayate *hñähñu*-otomí de hilo de maguey. Tejido de tafetán en telar de cintura y tira bordada de dos variantes de la serpiente emplumada (INAH-MNA, 2016).

2.3. El género *Agave*

La subfamilia Agavoideae (de la familia Asparagaceae) incluye a los géneros: *Agave*, *Beschorneria*, *Furcraea*, *Hesperaloe*, *Manfreda*, *Polianthes*, *Prochnyanthes* y *Yucca* (Guillot & Van der Meer, 2003). El género *Agave* es endémico de América (del sur de Estados Unidos al norte de Colombia y las islas del Caribe) (Gentry, 1982). En México se registran 159 especies, 77.18 % de la riqueza biológica mundial del género, y 74.84 % son endémicas del país (García-Mendoza, 2013). Uno de los subgéneros de *Agave* es *Euagave*, que a su vez se subdivide en 12 secciones, una de las cuales es la sección Salmianae, en la que se ubican algunos de los magueyes de los que se obtienen fibras (Gentry, 1982).

2.3.1. El maguey

El origen de la palabra *Agave* proviene del griego que significa ‘admirable’ y fue propuesta por Carl Linnæus en 1753. En México hay varias palabras de origen indígena para referirse al género, por ejemplo *metl* en náhuatl, *duba* y *toba* en zapoteca, *huey* en huasteco o *tének* de San Luis Potosí, *cuu’u* en mayo de Sonora y *tacamba* en purépecha (Martínez, 1979). La palabra maguey es de origen taíno, lengua que se habló en las islas del Caribe, desde donde llegó a América continental por voz de los conquistadores españoles y desde entonces se adoptó en México (Aguirre *et al.*, 2001).

Para los *hñähñu* del estado de Hidalgo, el maguey es *uada* (Hernández *et al.*, 2010). En la presente memoria de tesis se utilizará la palabra maguey en todos los procesos observados y documentados durante el trabajo de campo, o bien, puede hacerse referencia a los nombres comunes de las variantes ya sea en español o en *hñähñu*. Este grupo humano tiene en su lenguaje palabras para los órganos y partes del maguey (Figura 4).

2.3.2. Características botánicas

Los magueyes son plantas rosetófilas, porque el crecimiento de las hojas es alrededor de un tallo reducido, con entrenudos muy cortos, en donde las hojas se disponen muy juntas, en forma helicoidal alrededor de la yema germinal, lo que le da a la planta una apariencia o porte de una rosa (Font Quer, 1953; Bravo, 1937). Sus hojas son suculentas, paralelinervias (Bianco *et al.*, 2004), compuestas de parénquima esponjoso para retener agua, un sistema copioso de haces vasculares, epidermis cerosa y en la mayoría de las especies, espinas en los márgenes (llamadas dientes) y una espina apical, conocida propiamente como espina o puya (Gentry, 1982). Las hojas nuevas se generan del centro de la planta, de un cono que es la yema apical, considerablemente desarrollada (Font Quer, 1953), ese cono se conoce coloquialmente como cogollo. Una vez que las hojas maduran, se desprenden del cogollo dejando marcados sus dientes sobre la hoja más joven (Gentry, 1982). Así, las hojas cercanas al cogollo son jóvenes, recientes, por el contrario, las que están cerca del suelo son las hojas viejas, seniles y las son hojas maduras. En el resto del escrito se denominarán así: hojas del cogollo o jóvenes, hojas maduras y hojas viejas. Las hojas o pencas del maguey tienen una estructura que les permite tener reservas de agua y realizar una fotosíntesis muy eficiente,

desde el punto de vista hídrico, debido a que sus estomas permanecen cerrados durante el día y se abren en la noche, como es característica de las plantas con metabolismo CAM (León, 2000); morfológicamente están constituidas del exterior hacia el interior, por una capa fina de cera llamada cutícula, que tiene la función de evitar pérdidas de agua a la hoja. Debajo de ella se encuentra la epidermis, luego el parénquima en empalizada, y el mesófilo de la hoja, el cual tiene fibras del esclerénquima agrupadas en forma de herradura y haces vasculares constituidos por fibras del xilema, vasos del floema y parénquima. La mayor parte de las especies de maguey son multianuales, ya que requieren de seis a 15 años para alcanzar la madurez, pero florecen y fructifican, sólo una vez, por ello son monocárpicas. En la madurez, la inflorescencia surge lentamente del cogollo y causa la senescencia y muerte paulatina de la parte vegetativa de la planta, al tiempo que los frutos y sus semillas maduran, proceso que sucede durante varios meses (Gentry, 1982). Así, la reproducción sexual culmina de esta forma, produciendo semillas; pero se complementa con la multiplicación vegetativa o reproducción asexual, que genera clones, llamados retoños, vástagos o hijuelos, y esto es posible desde que la planta tiene unos 80 cm de altura y hasta que la planta fenece (Macedo, 1950). La reproducción asexual, por hijuelos, es la preferida por los productores, ya que la reproducción por semilla representa un tiempo muy largo de espera para el aprovechamiento comercial.

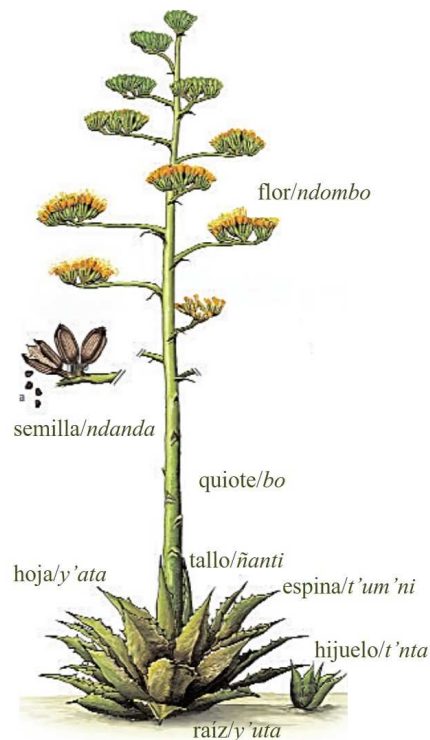


Figura 4. Partes y órganos del maguey en español y en hñähñu (con base en: Colunga-García *et al.*, 2007; CONABIO, 2006 citado por Vela *et al.*, 2015).

Sección Salmianae

La sección Salmianae del género *Agave* incluye las especies *Agave macroculmis*, *A. mapisaga*, *A. mapisaga* var. *lisa*, *A. salmiana* var. *salmiana*, *A. salmiana* var. *aungustifolia*, *A. salmiana* var. *ferox*, *A. salmiana* ssp. *crassispina* y *A. tecta*. De estas especies, *A. salmiana* y *A. mapisaga* son de las preferidas para obtener aguamiel y transformarlo en pulque, pero también para obtener fibras (Gentry, 1982; Mora *et al.*, 2011; García-Mendoza, 2011a; Reyes-Agüero, *et al.*, enviado).

Gentry (1982:594) describe a las especies de la sección Salmianae como plantas con “...rosetas grandes, verdes, gruesas y suculentas, las brácteas pedunculares, imbricadas, la base amplia de la panícula casi siempre proporcionándole un perfil piramidal, y las flores dimórficamente modificadas con tépalos desiguales. El grupo Salmianae muestra un alto grado de especialización de *Agave* y filogenéticamente puede ser considerado como entre los más avanzados o modernos. Su gran variabilidad es obviamente inducida por el hombre”.

Agave mapisaga y *A. salmiana*

Agave salmiana y *A. mapisaga* tienen en común rosetas generalmente grandes, de 1 m o más de alto con hojas de 1.0 a 2.0 m de largo, lineares o lanceoladas. En el caso particular de *A. mapisaga*, las hojas son lineares, mayormente de 1.8 a 3.0 m de largo, los dientes relativamente pequeños, de 4.0 a 5.0 mm de largo, las espigas de 3.0 a 5.0 cm de largo; en cambio *A. salmiana* tiene hojas anchamente lanceoladas de 0.7 a 2.0 m de largo, dientes más largos, generalmente de 5.0 a 10.0 mm y las espigas de 5 a 10 cm de largo (Gentry, 1982).

Otra diferencia importante entre ambas especies es que *Agave mapisaga* es una especie domesticada, que se usa para extraer aguamiel y que sólo se localiza en ambientes de solar o en plantaciones comerciales. En tanto que *A. salmiana*, aunque también es cultivada para la producción de aguamiel, se encuentra además de solares y plantaciones, en ambientes silvestres (Mora *et al.*, 2011).



Figura 5. Detalle de una penca de la variante *Xa'mni* de *Agave salmiana*.



Figura 6. Detalle de una penca de la variante *Ma'ye* de *Agave mapisaga*.

2.3.3. Productos obtenidos de las pencas

De las hojas se extraen distintos productos como el mixiote, el *xixi* y el *ixtle*. La obtención de cualquiera de estos procesos exige del recolector un gran esfuerzo físico y también una resistencia a la irritación que producen sustancias químicas y cristales presentes en el parénquima de las hojas (Gumeta, 2009; Castro-Días y Guerrero-Beltrán, 2013).

Mixiote

El mixiote es la cutícula seríceá de la penca, tiene la función de proteger a la hoja de la deshidratación. Esta cutícula es muy apreciada para elaborar platillos regionales en el centro de México, pues con ella se envuelve una porción de carne que se cuece al vapor y se obtiene el platillo denominado “barbacoa al mixiote”. Los recolectores la retiran con mucho cuidado sólo de las hojas del cogollo, generando que esas hojas queden vulnerables a la deshidratación. Inhabilitadas para crecer, esas hojas mueren al poco tiempo y luego lo hace la planta entera (José y García, 2000). Por ello, la práctica de la extracción del mixiote ha sido prohibida, porque es destructiva (Gumeta, 2009).

Xixi

Es un término *hñähñu* que se traduce como “la cáscara de maguey o de lechuguilla” (Hernández *et al.*, 2010). Es una porción de la penca del maguey, sin desfibrar, es decir, con parénquima y fibras que se extrae halando y se obtiene un cordel para sujetar el armazón del techo con los palos de la pared, en la construcción de casas tradicionales (Ramsay, 2004).

Ixtle

Las hojas de maguey (Figura 7a) contienen numerosas fibras distribuidas a todo su largo (Figura 4d), y son de dos tipos: una parte constituye el sistema vascular de la hoja, xilema y floema (Figura 4b) (Msahli & Drean, 2005) y la otra parte son las fibras mecánicas (Figura 4c) que proporcionan resistencia y rigidez a la hoja, son más abundantes en la periferia de la penca que en la parte central y están conformadas por células largas y delgadas, de paredes celulares muy gruesas, que se entrelazan una con otra y forma cordones continuos, lo que aumenta su resistencia y difícilmente se rompen al extraerlas. En un corte transversal de la hoja la distribución se concentra en la zona media del mesófilo, que atraviesa horizontalmente la hoja (Gumeta, 2009; León, 2000).

Las fibras son extraídas de la hoja por distintas técnicas manuales o mecánicas. El proceso implica el contacto con el *gixe* (tejido succulento y agua de las hojas). La palabra *gixe*, *guiche*, *guishe*, *guishi*, *guixi* o *guizo* se ha atribuido de origen otomí y se aplica "...a la irritación o escozor que deja el jugo crudo de maguey en alguna parte del cuerpo..." (Santamaría, 1992:585).

Las hojas contienen cristales como los rafidios y sustancias químicas irritantes (saponinas) que se liberan durante la manipulación de la penca, lo que genera una irritación en la piel (Silva, 2010). La saponina (del latín *sapo*, jabón) es un compuesto que al contacto con el agua, le rompe su tensión superficial y produce espuma abundante (Romo, 2006), esto se relaciona con su propiedad detergente, pues tiene una porción esteroideal que es soluble en grasa y una parte azucarada soluble en agua (Godínez, 2012). Hay dos tipos de saponinas: triterpenoides (ácidas) y esteroides (neutras) (Anaya, 2003). Hay mayor concentración de saponinas y cristales de oxalato en el parénquima de magueyes jóvenes que en magueyes maduros (Godínez, 2012; Salinas *et al.*, 2001). Sin embargo, cuando las pencas se someten a tratamientos de cocción, por ejemplo para la elaboración de mezcal o la fermentación para ensilaje, el contenido de saponinas disminuye (Zamora *et al.*, 2010; Pinos *et al.*, 2008). Los rafidios o cristales de oxalato de calcio tienen forma de agujas (Gumeta, 2009), después de los primeros seis años de edad de la planta se localizan en la membrana cuticular y su función, además de proteger a la planta de insectos y herbívoros, es proporcionar turgencia y almacenar calcio y ácido oxálico (Castro-Días y Guerrero-Beltrán, 2013).

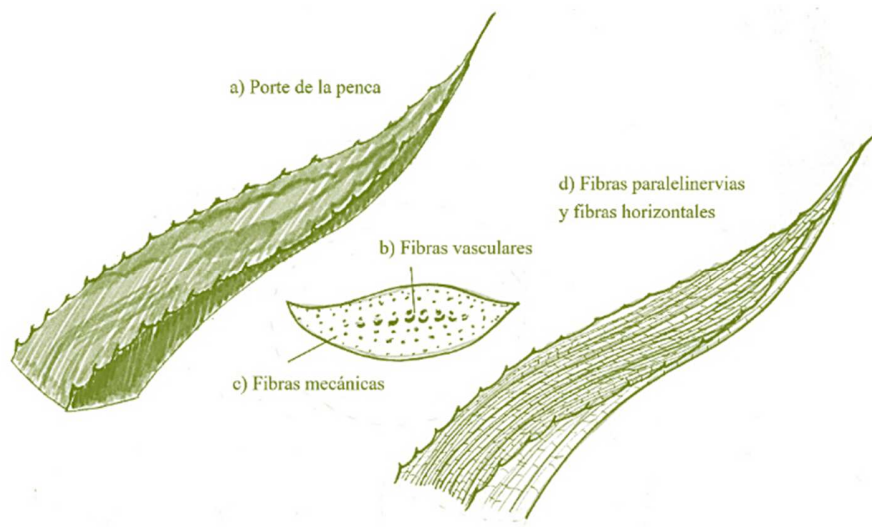


Figura 7. Morfología longitudinal y transversal de las pencas del maguey a) Hoja o penca de maguey *Agave salmiana*; b) distribución transversal de las fibras vasculares, c) distribución transversal de las fibras mecánicas o de resistencia y d) distribución longitudinal de las fibras (Con base en León, 2000).

2.3.4. El maguey en el Valle del Mezquital

En el Valle del Mezquital existen dos especies de la sección Salmianae: *A. salmiana* y *A. mapisaga* (Mora *et al.*, 2011) y tal y como lo menciona Gentry (1982), la gran variabilidad morfológica de estas especies está inducida por los humanos, como lo probaron Mora *et al.*, 2011. Estos autores analizaron con métodos estadísticos multivariantes varias características morfológicas y revelaron su proceso de humanización, con tendencias de domesticación hacia mayor tamaño de la roseta y reducción de las estructuras de protección mecánica. Así, la especie con mayor grado de humanización fue *Agave mapisaga* (con cinco variantes en el Valle del Mezquital), con dientes pequeños y rosetas grandes, encontrada sólo en plantaciones o en linderos de parcelas agrícolas. La otra especie humanizada *A. salmiana* (14 variantes), presentó la variabilidad morfológica más amplia, y se registró en más ambientes: silvestres, cercos para delimitar terrenos, en metepantles o terrazas, en solares y plantaciones comerciales y *A. salmiana* ssp. *crassispina* (con tres variantes en la región) (Tabla 4).

Tabla 4. Variantes de la sección Salmianae identificadas en localidades del Valle del Mezquital, Hidalgo (con base en Mora *et al.*, 2011).

Localidad, municipio	<i>A. mapisaga</i>	<i>Agave salmiana</i> var. <i>salmiana</i>	<i>A. salmiana</i> ssp. <i>crassispina</i>
San Andrés Daboxtha, Cardonal	<i>Mayé</i>	<i>I'tui manga larga</i> <i>Hok'uada</i> Cardonal Manso San Andrés <i>Sha'mini</i> Cardonal	<i>I'tui manga chica</i> <i>Xhi'ñu</i>
San Miguel Tlazintla, Cardonal	Penca larga Cardonal	Chino Cardonal Chino cenizo Cardonal <i>Gash'mini</i> <i>Jok'uada</i> San Miguel Manso San Miguel <i>Mutha</i>	Verde Cardonal
Orizabita, Ixmiquilpan	Penca larga Ixmiquilpan	<i>Sha'mini</i> Ixmiquilpan	
Emiliano Zapata, Ajacuba	Mexicano	<i>Sha'mini</i> Ajacuba	
El Nandho, Ixmiquilpan		<i>Kan'kuada</i>	
Boxhuada, Ixmiquilpan		<i>Doo'mini</i>	

Nombres de variantes en *hñäbññu*

Los nombres que se designan a las plantas en un grupo cultural permiten ahondar en el juego de palabras, metáforas y referencias simbólicas de las plantas (Levy y Aguirre, 2000). Los *hñähñu* del Valle del Mezquital reconocen a los magueyes, entre otros aspectos, con base en

las características que presentan, añadiendo frecuentemente la palabra *uada* como palabra genérica para maguey (Rangel, 1987) (Tabla 5).

Tabla 5. Nombres en *hñähñu* y español de algunas variantes de maguey aprovechadas en el Valle del Mezquital (con base en Rangel, 1987).

Nombre <i>hñähñu</i> de la variante	Significado de la palabra	Nombre en español de la variante
<i>Hok'uada</i>	<i>Hok</i> = <i>hogä</i> = bueno	Maguey bueno
<i>K'ank'uada</i>	<i>K'ank</i> = <i>k'angi</i> = verde	Maguey verde
<i>M'ondat'ax'uada</i>	<i>M'onda</i> = mexicano; <i>t'ax</i> = <i>t'axi</i> = blanco	Maguey mexicano blanco
<i>Ma'ye</i>	<i>Ma</i> = largo(a); <i>'ye</i> = <i>yeta</i> = penca de maguey	Penca larga
<i>Sha'mni</i>	<i>Xa'm</i> = <i>xa'mi</i> = rasgar; <i>ni</i> = mini = espina	<i>Sha'mni</i>
<i>Gäax'mini</i>	<i>Gäax</i> = arañar; <i>mini</i> = espina	<i>Gäax'mini</i>
<i>Määxo</i>	<i>Määxo</i> = manso	Maguey manso

Usos de las variantes

Reyes-Agüero *et al.* (enviado) encontraron que todas las variantes de maguey en el Valle del Mezquital se pueden usar para cualquiera de los usos, sin embargo, la preferencia por algunas variantes para ciertos tipos de uso y su disponibilidad hace la diferencia. Las variantes más utilizadas fueron las de *A. salmiana* ssp. *salmiana*, con 15 usos, seguido por los de *A. salmiana* ssp. *crassispina* con siete usos y las de *A. mapisaga* con cinco. Los usos más importantes, con base en la cantidad de variantes utilizadas, son la obtención de aguamiel (18 variantes), forraje (17) y la recolección de *thenk'ue* o gusano rojo, que es la larva de la mariposa *Comadia redtenbacheri* (siete variantes) (Tabla 6). En dependencia de los tamaños de las plantas o sus órganos, se usan para diferentes aspectos. Por ejemplo, las variantes con pencas más anchas se prefieren para construcción de paredes de chozas tradicionales *hñähñu* o para la preparación de carne en barbacoa.

Tabla 6. Usos registrados de las variantes de la sección Salmianae en localidades *hñähñu* del Valle del Mezquital (con base en Reyes-Agüero *et al.* enviado).

Especie	Variante tradicional	Usos	Total
<i>A. mapisaga</i>	<i>Mayé</i>	Fi, H, O	3
	Mexicano	A, Fo	2
	Penca larga Cardonal	A, Fi, Fo, H	4
	Penca larga Ixmiquilpan		
<i>A. salmiana</i> ssp. <i>crassispina</i>	<i>I'tui</i> manga chica	D, K	2
	Verde Cardonal	A, D, E, Fi, Fo, H, M	7
	<i>Xhi'ñu</i>	sin registro	-

Especie	Variante tradicional	Usos	Total
A. salmiana var. salmiana	<i>Gash´mini</i>	A, D, E, Fo, H, M	6
	Chino Cardonal	A, Fo	2
	Chino cenizo Cardonal	A, C, E, Fo	4
	<i>I´tui</i> manga larga	A, Fo	2
	Manso San Andrés	A, C, Fo, H, M, Q	6
	Manso San Miguel		
	<i>Sha´mini</i> Ixmiquilpan	A, B, C, E, Fi, Fo, H, M, O	9
	<i>Sha´mini</i> Ajacuba		
	<i>Sha´mini</i> Cardonal		
	<i>Mutha</i>	A, C, E, Fo	4
	<i>Jok´uada</i> San Miguel	A, B, C, E, Fo, G, H, M, O	9
	<i>Jok´uada</i> Cardonal		
	<i>Kan´kuada</i>	A, Fi, Fo	3
<i>Doo´mini</i>	sin registro	-	

A=aguamiel; B=barbacoa; C=chicharra (gusano blanco); D=dulce de quiote; E=escamoles (gusano rojo); Fi= fibra; Fo= forraje; G=golumbos (flores comestibles); H= hojas para paredes; M=medicina; Q=quiote construcción; O=ornamental

2.4. Región de estudio: el Valle del Mezquital

2.4.1. Ubicación geográfica

En el estado de Hidalgo existen tres regiones con poblaciones indígenas: a) región Otomí, al oeste del estado, con 12 municipios; b) región Huasteca, al noreste, incluye 17 municipios con la gran mayoría de población nahua, seguida de población otomí y en menor cantidad, población tepehua y totonaca, y; c) región de la Sierra Norte de Puebla y Totonacapan, al este, es un sólo municipio con grupos nahua y totonaco (Serrano *et al.*, 2006).

En la región Otomí está el Valle del Mezquital, que recibe este nombre debido a su abundancia de árboles de mezquites (*Prosopis* spp.). La delimitación del Valle varía entre autores, hay quien afirma que está integrado por 27 municipios (Tabla 7) en tres sub-regiones: 1) centro-sur con un clima semi-seco; 2) centro con clima seco semi-cálido; y 3) norte o Alto Mezquital con clima templado (Moreno *et al.*, 2006). En la década de 1970, Arellano Zavaleta delimitó la zona con base en criterios hidrológicos, a partir de los cauces de los afluentes de los ríos Tula y San Juan (López y Fournier, 2009), lo que implica que se considere como parte del Valle del Mezquital, además del occidente del estado de Hidalgo, la parte norte del Estado de México y una limitada zona del sureste de Querétaro. Un tercer criterio de delimitación es desde la perspectiva de la gestión gubernamental; así, el Valle del Mezquital es una unidad administrativa que comprende 30 municipios del estado de Hidalgo (Medina y Quezada, 1975). Por último, de acuerdo con González-Quintero (1968) también se consideran criterios fisiográficos: al norte la Sierra de Juárez; al este la serranía del Cerro

del Fraile, el Cerro del Águila y la Sierra de Actopan; al sur la Serranía del Mexe y al oeste la Sierra de Xinthé. Para el presente estudio se toma en cuenta la delimitación de Moreno *et al.* (2006) (Figura 8).



Figura 8. Localización y delimitación del Valle del Mezquital, Hidalgo (con base en: Moreno *et al.*, 2006; INEGI, 2015).

Tabla 7. Municipios que conforman el Valle del Mezquital, Hidalgo (Moreno *et al.*, 2006).

Municipios del Valle del Mezquital			
Clave	Municipio	Clave	Municipio
03	Actopan	044	Nopala
05	Ajacuba	052	San Agustín Tlaxiaca
06	Alfajayucan	054	San Salvador
09	El Arenal	055	Santiago de Anaya
010	Atitalaquia	058	Tasquillo
013	Atotonilco de Tula	059	Tecoautla
015	Cardonal	063	Tepeji del Río
017	Chapantongo	064	Tepetitlán
019	Chilcuautla	065	Tetepanco
023	Francisco I. Madero	066	Tezontepec
029	Huichapan	074	Tlaxcoapan
030	Ixmiquilpan	076	Tula de Allende
041	Mixquiahuala	084	Zimapán
043	Nicolás Flores		

2.4.2. Clima y vegetación

La fórmula climática para el Valle del Mezquital es $BS_0hw(e)w''$, que corresponde a un clima semiárido templado (BS_0 , en la fórmula climática), semicálido (h), con una temperatura media anual de $18.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una precipitación media anual de 384.8 mm (García, 2004). Con base en el diagrama ombrotérmico (Figura 9) generado con datos de la estación climática de Ixmiquilpan, se aprecian tres estaciones: una estación húmeda de mayo a octubre (w , en la fórmula climática), aunque con un periodo seco intraestival o canícula (w''), una estación seca fría, con el mes más frío en febrero, y la estación seca de febrero a abril. Es un clima extremo (e) con oscilación anual de las temperaturas medias mensuales es entre 7 y 14°C (García, 2004).

El Valle del Mezquital es una cuenca de origen lacustre que ocupa las depresiones que se han formado entre el relieve montañoso de la Mesa Central y está conformado por los valles de Mixquiahuala, Actopan e Ixmiquilpan. Los arroyos permanecen secos durante la mayor parte del año, pero el río Tula contiene agua siempre (Bravo, 1937).

En términos botánicos se considera al Valle del Mezquital la extensión austral de la provincia del Desierto Chihuahuense, por ello la predominancia de especies arbustivas de *Agave*, *Amelanchier*, *Arbutus*, *Arctostaphylos*, *Baccharis*, *Bouvardia*, *Buddleia*, *Ceanothus*, *Dasylyrion*, *Eupatorium*, *Lamourouxia*, *Quercus*, *Salvia* y *Stevia* (Rzedowski, 1978).

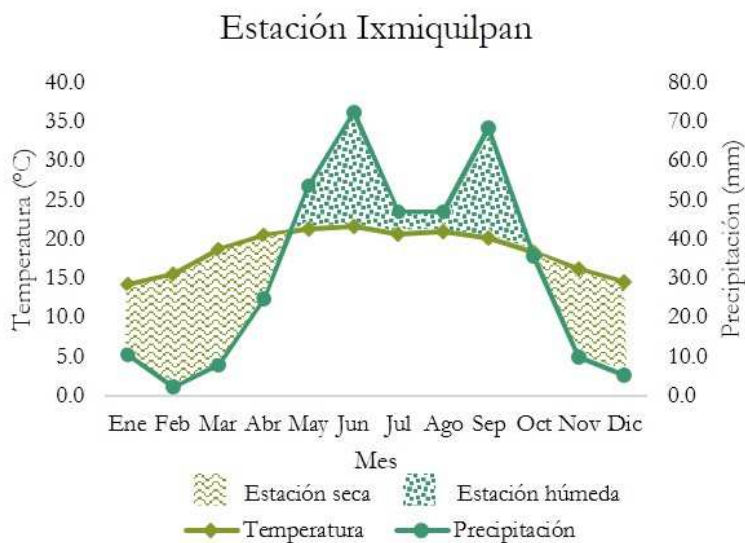


Figura 9. Diagrama ombrotérmico de la estación climatológica de Ixmiquilpan, Hidalgo (con base en García, 2004).

2.5. Los *hñähñu* del Valle del Mezquital

2.5.1. Contexto histórico-cultural

El término otomí deriva del náhuatl *totomitl* para referirse al pueblo de los “flechadores de pájaros”, como se les conocía en la época prehispánica; en particular, los otomíes del Valle del Mezquital se autodenominan *hñähñu*, que significa “hablar con la nariz”, esto debido a los sonidos nasales emitidos en su lengua (CDI, 2009).

El origen tanto de la población como de la lengua otomí es aún tema de investigación. El códice Huichapan del siglo XVI contiene relatos de acontecimientos variados como la convivencia cotidiana de los otomíes, sus ceremonias religiosas, asuntos bélicos, nombres, nacimientos y muertes de gobernantes, glifos toponímicos, el calendario con el que se regían y una narración de la llegada de los españoles (Lastra, 2006). Aunque los registros del centro de origen son imprecisos, Lastra (2006) postula al Valle de Tehuacán como “...el centro de diversificación de lenguas otomangués, hacia el 4,500 a. C.”.

2.5.2. Lengua

De acuerdo con el catálogo de las Lenguas Indígenas Nacionales del INALI (2010), la lengua otomí pertenece a la familia Oto-mangue y se divide en nueve variantes: 1) otomí de la Sierra (*ñuju*, *ñoju*, *yühu*, se habla en cuatro municipios del estado de Hidalgo, doce en Puebla y doce en Veracruz); 2) otomí bajo del noroeste (*hñähñho*, en el municipio Amealco de Bonfil, Querétaro); 3) otomí del oeste (*ñathó*, en Zitácuaro, Michoacán); 4) otomí del oeste del Valle del Mezquital (*ñöhñö*, *ñähñá*, en los municipios de Huichapan y Tecozautla, Hidalgo); 5) otomí del Valle del Mezquital (*hñähñu*, *ñänhú*, *ñandú*, *ñóhnño*, *ñanhmu*, en treinta y seis municipios de Hidalgo); 6) otomí de Ixtenco (*yühmu*, en Ixtenco, Tlaxcala); 7) otomí de Tilapa o del sur (*ñü'hü*, en Tianguistengo, Estado de México); 8) otomí del noroeste (*hñöhño*, *ñühú*, *ñanhú*, en siete municipios de Guanajuato y siete de Querétaro) y 9) otomí del centro (*hñähñu*, *ñöthó*, *ñhathó*, *hñothó*, *ñóhnño*, en veintiséis municipios del Estado de México). Para el 2010 se posicionó en el octavo lugar de las principales lenguas indígenas a nivel nacional con 284,992 hablantes (INEGI, 2010).

2.5.3. Población

En el estado de Hidalgo hay 2,665,018 habitantes, de los cuales 359,972 hablan alguna lengua indígena, y de estos el 12.22 % son monolingües de su lengua indígena. De la población indígena, 68.2 % habla náhuatl y 32.2% el otomí; los municipios con mayor número de hablantes otomí son Ixmiquilpan, Cardonal, Chilcuautla, Santiago de Anaya y San Salvador (INEGI, 2010; CDI, 2010).

2.5.4. Producción agrícola

La producción agrícola en el Valle del Mezquital es variada. En su región centro-sur tiene agricultura de riego, que se introdujo desde la década de los años 30 del siglo XX para ampliar y mejorar el Distrito de Riego del Río Tula (Medina y Quezada, 1975); en la subregión centro se practica la agricultura de secano y el pastoreo; en la subregión del Alto Mezquital, la producción de cosechas es de secano, aprovechando las escorrentías proveniente de las partes altas (Moreno *et al.*, 2006). Una milpa tradicional otomí incluye al maíz, al frijol y a la calabaza como cultivos principales y en dependencia de la disponibilidad de humedad se intercala con chile, jitomate u otras especies (Biol *et al.*, 2007).

Una parte importante del paisaje agrícola del Valle del Mezquital es la presencia de maguey y nopal, plantas que han sido aprovechadas durante siglos por los *hñähñu* (Núñez, 2012); es posible que ambos han sido elementos clave en el proceso de conformación del paisaje agrícola, particularmente en terrenos de laderas y lomeríos. El relieve de estas geoformas requiere ser artificialmente escalonado con terrazas para ser utilizable en la producción de cosechas alimentarias (Reyes-Agüero *et al.* enviado), las terrazas se nombran metepantles (del náhuatl *metl*, maguey y *tepanitli*, pared). El maguey, con su sistema radical fibroso y rizomatoso, es excelente para retener el suelo superficial (LeFavor, 2014). El sistema de terrazas disminuye el movimiento de suelo y materia orgánica pendiente abajo y controla la escorrentía, maximizando la infiltración, con lo cual se generan las condiciones apropiadas para el cultivo de maíz, frijol y calabaza (Evans, 1992). Los metepantles de los lomeríos de la parte baja del Valle del Mezquital facilitaron su transformación a regadío en los años setenta del siglo pasado, pues sólo se tuvo que bombear el agua por encima de su límite y luego distribuirlo por gravedad (Reyes-Agüero *et al.* enviado). Con este cambio los magueyes fueron eliminados al ser muy sensibles al exceso de humedad (Moreno *et al.*, 2006). La formación de metepantles es un proceso vigente, y se puede observar en algunas comunidades, como en San Andrés Daboxtha (Reyes-Agüero *et al.* enviado).

En relación con el nopal, Reyes-Agüero *et al.* (2009) registraron 38 variantes de ese género en los solares y metepantles de la región, principalmente para autoconsumo y en extensiones más grandes, variantes de *Opuntia albicarpa*, principalmente, para comercializar la tuna.

2.5.5. Artesanía

En el Valle del Mezquital es común observar en los mercados tradicionales productos y materiales artesanales, entre los más representativos se encuentran los bordados con motivos *hñähñu*, textiles de lana, tejidos de ixtle de maguey, jarcería de lechuguilla, alfarería, artículos con incrustaciones de concha de abulón, tejidos de palma y flores hechas con hojas de sotol (Figura 10).

Para algunas artesanías de la región, se extraen fibras de algunas variantes de maguey, con lo que se elaboran productos textiles a partir de su hilado. La pieza representativa tejida con dicho material es el *ronjua* o *donjua* en *hñähñu* (Hernández *et al.*, 2010); para el español se ha adoptado la palabra *ayate*, que proviene del náhuatl *ayatl* y significa “manta, vestidura, tela fina de algodón o de maguey” (Siméon, 1977). Se trata de una pieza tejida con hilo de ixtle de maguey en telar de cintura, de forma rectangular o cuadrada, con distintas medidas y compuesta por uno o dos tramos denominados lienzos o *xuni* (Ramsay, 2004; Hernández *et al.*, 2010).

Hay diferentes tipos de ayates, elaborados con hilos más finos o más gruesos en dependencia del propósito. Los ayates finos son utilizados como prendas que cubren la cabeza de las mujeres o que se usan como “añadidura” a la camisa de los hombres o para guardar objetos personales; los ayates finos algunas veces tienen bordada la superficie y comparan la textura de estos con tela de lino. Los ayates para trabajo doméstico, que son un poco más gruesos y de tejido más abierto (para cargar al niño, alimentos o cubrir objetos), pueden contener algunas grecas bordadas; y los ayates para carga pesada (para contener y transportar materia prima o productos pesados), tanto el hilo como tejido son muy burdos (Rangel, 1987). Medina y Quezada (1975) clasifican a los ayates grandes (hechos con dos lienzos) por su calidad en: a) finos, con consistencia parecida al lino y con bordados temáticos para ofrendas o regalos; b) burdos, de uso doméstico, de hilo más grueso y entramado más abierto, generalmente unido por estambre de colores para cargar a los niños o algún material; c) para hombres, unidos con hilo del mismo color, para cargar mercancía; y d) para cargas pesadas, el hilo es grueso y el tejido abierto para la manipulación de cargas pesadas.

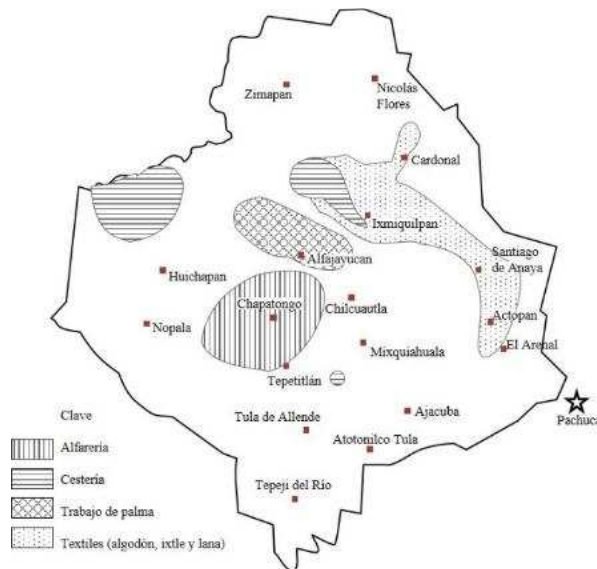


Figura 10. Distribución de las artesanías en el Valle del Mezquital (Medina y Quezada, 1975). En la categoría de Tejidos, se incluyen las piezas elaboradas con ixtle.

2.6. Localidades seleccionadas

2.6.1. Generalidades observadas de las localidades

Después de realizar recorridos preliminares por la zona, guiados por la experiencia en trabajos anteriores (Rangel, 1987; Mora *et al.*, 2011; Núñez, 2012;) y sobre todo por la asesoría del personal del Centro de Documentación *Hñähñu* se seleccionaron cuatro localidades: dos en el Valle Alto del Mezquital: San Andrés Daboxtha y Pozuelos, y dos en la parte baja de Valle: Santa Ana Batha y El Dadho. El principal criterio de selección fue que existieran talladores de fibra y tejedoras de ixtle y que, sobre todo, aceptaran compartir sus experiencias.

Los nombres de algunas localidades del Valle del Mezquital se han transformado a lo largo de la historia. En un principio se nombraba al lugar haciendo referencia a características geográficas o espaciales, posteriormente recibieron nombres en náhuatl y finalmente en castellano. Tal es el caso de los municipios Cardonal, anteriormente *M'ohai* en *hñähñu*; Chilcuautla que se denominaba *M'iza* o Ixmiquilpan que anteriormente se nombraba, en *hñähñu*, *Nts'utk'ani* (González-Cruz, 2009). La mayoría de las viviendas en las comunidades se caracterizan por una arquitectura sencilla, de un nivel, con paredes de block y cemento, pisos de cemento pulido y techos horizontales de losa. Esta modalidad de vivienda ha sustituido a las casas tradicionales construidas con pencas de maguey.

Las personas en el Valle del Mezquital mantienen el contacto personal y mueven sus productos con vehículos privados o en vehículos del sistema de transporte público, conformado por camionetas para pasajeros, cerradas, con cupo para 10 a 15 personas, con tarifas que varían en dependencia a la distancia de la localidad; todo el transporte público inicia y termina en Ixmiquilpan. La compra-venta de productos (alimenticios, construcción, escolares, textiles, limpieza, herramental, artículos de cocina, etc.) se realiza permanentemente en el mercado municipal de Ixmiquilpan, cuyas instalaciones se encuentran entre la iglesia de San Antonio y el río Tula; pero es de gran importancia el tianguis itinerante que se realiza cada lunes, y se instala en los alrededores del mercado; este tianguis es una oportunidad para exhibir, comprar y vender, a precios económicos, productos procedentes de muchas comunidades del Valle del Mezquital. También existen tianguis itinerantes semanales en las cabeceras de Cardonal y Chilcuautla, sin embargo la variedad de productos es menor y los precios llegan a ser más altos. Muchas jefas de familia también compran en establecimientos en el centro de Ixmiquilpan, al cual se refieren como “la plaza”.

La emigración a los Estados Unidos de América es un fenómeno frecuente en muchas comunidades del Valle del Mezquital, lo que provoca cambios culturales (forma de vestir, tipo de música que se escucha y construcción de las viviendas principalmente) y sociales (la desaparición de la práctica de oficios tradicionales y la disminución del *hñähñu* para comunicarse) principalmente entre los jóvenes; desde niños manifiestan cierta resistencia en hablar y escribir en la lengua *hñähñu*. Existen asociaciones civiles que tienen como objetivo

impulsar y arraigar las tradiciones, así como programas de gobierno que implementan la materia de lengua indígena en las escuelas primarias.

2.6.2. Comunidades del Valle Alto del Mezquital

Las dos comunidades visitadas en el Valle Alto del Mezquital (San Andrés Daboxtha y Pozuelos) pertenecen al municipio de Cardonal. Por su colindancia hacia el este con la Reserva de la Biosfera Barranca de Meztitlán, este municipio está provisto de servicios ambientales por el mantenimiento de los ecosistemas de la región, principalmente de comunidades de matorral submontano y xerófilo. Cardonal destina aproximadamente un 85 % de superficie para producción de cosechas de secano, y alrededor del 14 % para cultivos con riego; también practica la agroforestería (es el productor con mayor volumen obtenido de productos maderables, como el pino), además de la ganadería de caprinos y ovinos, principalmente para autoconsumo (Landa y Neri, 2002; INEGI, 2007).

San Andrés Daboxtha

Ubicación geográfica: 20°31'27.49" N, 99°03'49.81" O, 1999 msnm.

Cuenta con 294 viviendas y tiene una población de 916 habitantes, de los cuales 611 hablan lengua indígena y de estos, 50 no hablan español; el 88.3 % de la población pertenecen a la religión católica; existe un total de 260 personas económicamente activas, de los cuales 216 son hombres. La actividad económica principal es la agricultura, principalmente producción de cosechas de secano y ganadería extensiva con cabras y ovejas. La localidad cuenta con los servicios públicos básicos como red de agua potable, alumbrado, teléfono, clínica de salud y escuelas desde preescolar hasta telesecundaria, sin embargo en los indicadores de rezago social la localidad tiene una población de 280 personas mayores de 15 años con educación básica incompleta, 117 viviendas que no disponen de agua conectada a la red pública y 139 viviendas que no disponen de drenaje (INEGI, 2010; SEDESOL, 2015).

La comunidad de San Andrés Daboxtha aparece en la literatura como San Andrés Devoxtha (Medina y Quezada, 1975), San Andrés Deboxtha (Rangel, 1987), San Andrés Davoxtha (Hernández *et al.*, 2010), o San Andrés da Boxtha (Ruschel, 2013), sin embargo el nombre actual está registrado como San Andrés Daboxtha.

Pozuelos

Ubicación geográfica: 20°29'36" N, 99°03'34.95" O, 2061 msnm.

Tiene 352 viviendas y una población de 1061 habitantes, de los cuales 847 hablan lengua indígena, 116 no hablan español; el 78 % de la población pertenece a la religión católica; hay 290 personas económicamente activas, de los cuales, 247 son hombres. La actividad económica principal es la agricultura, principalmente producción de cosechas de secano y ganadería ovina y caprina para autoconsumo. Cuenta con los servicios públicos de red de agua potable, alumbrado público, clínica o centro de salud y escuelas de preescolar, primaria

y secundaria; los indicadores de rezago social señalan que 358 personas mayores de 15 años tienen una educación básica incompleta; hay 207 viviendas que no disponen de agua entubada de la red pública y 154 viviendas sin drenaje (INEGI, 2010; SEDESOL, 2015).

La referencia del nombre de esta comunidad no se encontró en la literatura revisada.

2.6.3. Comunidades de la parte baja del Valle del Mezquital

Las otras dos comunidades visitadas (El Dadho y Santa Ana Batha) pertenecen al municipio de Chilcuautla, que ocupa el sexto lugar en nivel estatal con superficie de producción de cosechas con riego, forma parte del Distrito de Riego 03-Tula y 100-Alfajayucan (López, 2004), aunque el 74.5% del agua obtenida son aguas negras; la irrigación hacia las parcelas es generalmente por canales de tierra. El otro 25.5% de superficie es para la producción de cosechas de secano. Chilcuautla ocupa el séptimo lugar entre los municipios productores de alfalfa, que es el tercer cultivo perenne de mayor importancia en todo el estado (INEGI, 2007).

Santa Ana Batha

Ubicación geográfica: 20°22'38" N, 99°11'30" O, 1937 msnm.

Cuenta con 486 viviendas y tiene una población total de 1651 habitantes, de los cuales 889 hablan lengua indígena, y de estos 17 no hablan español; el 96 % de la población practica la religión católica; la población económicamente activa comprende 641 habitantes, de los cuales 446 son hombres. Su actividad principal es la agricultura (producción de cosechas con sistema de riego). La localidad cuenta con los servicios de alumbrado público, red de agua potable, tianguis, clínica o centro de salud, escuelas preescolar, primaria y secundaria; los indicadores de rezago social señalan que 550 habitantes de más de 15 años tienen educación básica incompleta, hay 29 viviendas que no disponen de agua entubada a la red pública y 68 viviendas no disponen de drenaje (INEGI, 2010; SEDESOL, 2015).

La palabra Batha (llanura, valle) (Hernández *et al.*, 2010) probablemente haga referencia a su ubicación en la parte baja del Valle del Mezquital.

El Dadho

Ubicación geográfica: 20°24'24.99" N, 99°14'10.00" O, 1807 msnm.

Tiene 217 viviendas y una población de 695 habitantes, de los cuales 571 hablan lengua indígena, y de estos, 39 no hablan español; el 84 % de la población practica la religión católica; hay 219 personas económicamente activas, de las cuales 160 son hombres. La principal actividad económica es la agricultura con sistemas de riego. Los servicios públicos con los que cuenta son red de agua potable, clínica o centro de salud y escuela preescolar y

primaria. Según los indicadores de rezago social hay 291 personas mayores de 15 años que no concluyeron la educación (INEGI, 2010; SEDESOL, 2015).

Una de las peculiaridades de esta comunidad es el predominio de casas con una arquitectura de estilo estadounidense. Son casas grandes, de uno o dos pisos, con techos de dos aguas y amplias ventanas que destacan del resto de las viviendas comunes y tradicionales que son más bien pequeñas (Boils, 2010).

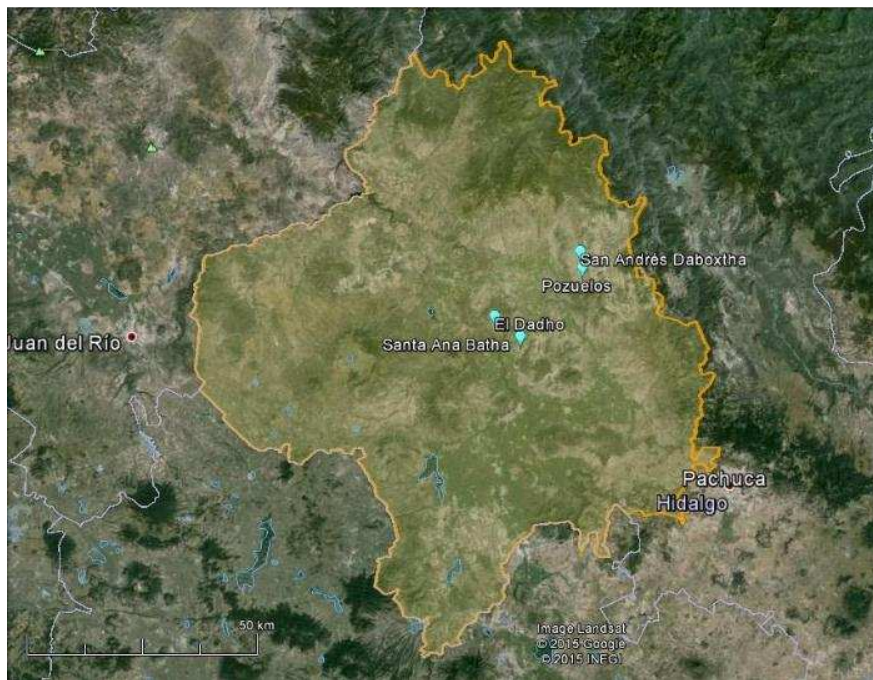


Figura 11. Ubicación de las localidades de estudio dentro del Valle del Mezquital (con base en: Moreno *et al.*, 2006; INEGI, 2015; Google Earth, 2015).

3. Materiales y métodos

3.1 Exploración etnobotánica

Para identificar las comunidades del Valle del Mezquital en donde recolectar información y muestras de ixtle se usaron dos fuentes: la bibliografía, con autores como Rangel (1987), Mora *et al.*, (2011), Núñez (2012) y Ruschel (2013), quienes habían trabajado de forma directa o indirecta el tema del ixtle; y la segunda fuente fue el Centro de Documentación y Asesoría *Hñähñu “Hmunts’a Hem’i”*, pues ahí se obtuvo información sobre personas dedicadas al manejo del ixtle. Luego se realizó un viaje preliminar guiado por dichas fuentes y así se eligieron las cuatro comunidades: San Andrés Daboxtha y Santa Ana Batha, municipio de Cardonal, y El Dadho y Pozuelos municipio de Chilcuautla; se constató que ahí existían variantes morfológica de *Agave salmiana* y *A. mapisaga*, que había conocimiento tradicional en relación con la extracción y manejo de ixtle y que las personas involucradas en esta actividad estaban dispuestas a colaborar con el estudio.

La exploración etnobotánica se llevó a cabo durante cinco semanas distribuidas en los meses de septiembre, octubre, noviembre del 2014 y abril del 2015, para observar y documentar el conocimiento y aprovechamiento de los magueyes por parte de los informantes *hñähñu*. Dicha exploración incluyó dos etapas: 1) el registro de la información proporcionada por las personas involucradas en el conocimiento y aprovechamiento tradicional del maguey; y 2) la recolección de muestras de ixtle de maguey para la caracterización de sus propiedades físicas.

La obtención de la información en la primera etapa se realizó con base en la metodología propuesta por Aguirre (1979) para el registro del conocimiento empírico de los campesinos en relación con el uso de sus recursos naturales renovables, el cual consta de cinco etapas:

1. Diseño y elaboración de una lista de fenómenos de interés. Para ello se elaboró un cuestionario (Anexo 1) con una composición de entrevista estructurada con el siguiente contenido:
 - Datos del informante
 - Datos generales del maguey del cual se extrae la fibra
 - Proceso de recolección y manejo de las pencas
 - Proceso de extracción de fibra
 - Tratamientos a la fibra, proceso de hilado y cardado
 - Utilización de la fibra

La aplicación del cuestionario se llevó a cabo en forma de entrevista no estructurada y focalizada, de acuerdo con la metodología de Ander-Egg (1995).

2. Selección de informantes.

Se realizó una lista de informantes clave y las localidades a las que pertenecen con base en la información proporcionada en los trabajos de Mora *et al.* (2011), Ruschel (2013) y Núñez (2012) y en el Centro de Documentación y Asesoría *Hñähñu “Hmunts’a Hem’i”*.

3. Descripción de los hechos.

Los materiales utilizados en esta etapa fueron diario de trabajo, cuaderno de notas, cámara digital Nikon Coolpix L610 y Canon PowerShot A2200.

4. Explicación de la información.

Se realizaron pláticas informales con los informantes, entrevistas y demostraciones de las actividades que involucran el procesamiento del ixtle de maguey. En ellas se intentó obtener las explicaciones de los informantes al proceso de obtención y manejo de la fibra. La pronunciación en *hñähñu* de plantas, instrumentos y procesos se registró cuidadosamente. Se solicitó a los informantes que escribieran las palabras y posteriormente estas fueron verificadas en la obra de Hernández *et al.* (2010) y González-Cruz (2009). Para las palabras que no se encontraron en este documento, se acudió al Centro de Documentación *Hñähñu* en Ixmiquilpan, Hidalgo para ampliar las referencias.

5. Ordenamiento de la información.

La información oral y visual recopilada en la libreta de campo y en la cámara fotográfica fue vertida y depurada en fichas descriptivas por comunidad.

3.1.1 Recolección de muestras

La recolección de muestras de fibras se llevó a cabo considerando el conocimiento tradicional de los informantes y los factores que pudieran influir en la calidad final de la fibra, resultando seis criterios en total:

- 1) Especie. Las especies de interés para este estudio de investigación son *Agave salmiana* y *A. mapisaga*, por tanto se pidió a los informantes elegir las pencas disponibles para la toma de muestra.
- 2) Variante. Como se explicó en el capítulo anterior, sólo alguna de las variantes de las especies son aprovechadas para la extracción de fibra, por lo que los informantes iban seleccionando las variantes que prefieren para esta actividad.
- 3) Edad de la penca. Se consideraron tres edades de referencia: hojas viejas (basales), hojas maduras (hojas intermedias) y hojas jóvenes (cerca al cogollo), es decir tres grados de madurez de las pencas en una misma planta.
- 4) Técnica de extracción. Para identificar cuántas técnicas o métodos se emplean en la extracción de la fibra.
- 5) Sección de la fibra dentro de la penca. La ubicación central o lateral de la fibra en la penca.
- 6) Tratamiento ixtle. Que manejo o tratamientos se le dan a la fibra una vez extraída.

3.2 Valoración de las características físicas de las fibras

Por cada variante se seleccionaron de una a dos plantas, en dependencia de la disponibilidad de las mismas en cada comunidad; por cada planta se seleccionaron de una a dos pencas jóvenes, de una a dos pencas maduras y de una a dos pencas viejas.

Diversos autores (Erhardt *et al.*, 1980; Maití, 1995; Mayorga, 2004; Caballero *et al.*, 2008) señalan que de las 16 posibles características evaluables en las fibras (Tabla 3), al menos se deben considerar las siguientes características físicas: longitud, peso, grosor, densidad lineal y resistencia a la tracción. Para ello, de cada penca se obtuvieron diez fibras del margen y diez del centro de la penca. De cada una de ellas se obtuvieron medidas de longitud, grosor, peso, densidad lineal, fuerza última a la tensión y color (Mayorga *et al.*, 2004; Caballero *et al.*, 2008; Morton & Hearle, 2008) (Tabla 8).

Tabla 8. Materiales y métodos utilizados para la medición de propiedades físicas de las fibras de *Agave salmiana* y *A. mapisaga* (Con base en: Mayorga *et al.*, 2004; Caballero *et al.*, 2008; Morton & Hearle, 2008).

Característica física	Equipo o material	Unidad de medida
Longitud	Regla metálica graduada a 1 mm	mm
Grosor	Imágenes digitalizadas a 600 ppp de resolución en un escáner láser HP Deskjet F4400 series. Software de procesamiento y análisis de imágenes ImageJ	μm
Peso	Balanza analítica Sartorius BP 2215	g
Densidad lineal	Ecuación $D = \frac{9000P}{L}$ Donde: D= densidad lineal (Decitex) P= peso de la muestra (g) L= longitud de muestra (m)	decitex
Resistencia a la tracción	Cámara Lumistell ICP 19 para acondicionamiento de las fibras a 21°C ± 2°C y 65 % ± 2 % de humedad relativa Texture Analyzer TA.XTPlus, con una celda de carga de 30 kg, mordazas "tensile grips A/TG	Newtons
Color	Tabla de valores cromáticos de Küppers (2002)	Escala ordinal

3.2.1 Longitud

La longitud de fibra para un hilado debe tener baja variabilidad para evitar que las fibras sobresalgan de la superficie del tejido (Sengupta *et al.*, 2014). Además, los hilos elaborados con fibras largas no requieren mucha torsión ya que establecen más puntos de contacto por fibra para obtener un hilo más fuerte en comparación con los hilos de fibras cortas con la misma cantidad de torsión (Hollen *et al.*, 1999). Para la medición de la longitud se utilizó una regla metálica graduada a 1 mm (Figura 12), las fibras se dejaron del largo original en el que fueron extraídas en la recolección de muestras. La medición se realizó desde la parte apical hasta la parte basal.

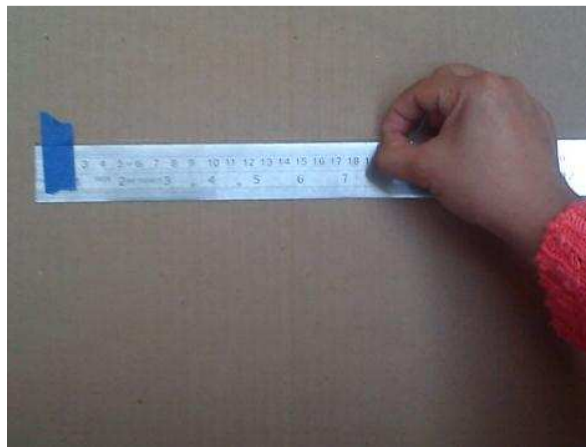


Figura 12. Medición de la longitud de fibras individuales.

3.2.2 Peso

El peso es necesario para calcular la densidad lineal de la fibra, para ello se usó una balanza analítica modelo Sartorius BP 2215 (Figura 10). La medición del peso se realizó en el Laboratorio de Fitoquímica del Instituto de Investigación en Zonas Desérticas de la UASLP.



Figura 13. Balanza analítica Sartorius BP 2215.

3.2.3 Densidad lineal

La densidad lineal sirve para caracterizar las dimensiones y el peso de hilos y fibras, y así, indicar su finura o título, el cual se determina con la medida de su longitud y peso, ya que el diámetro como medida de finura sólo tiene sentido en las fibras de sección circular y uniforme como fibras sintéticas o filamentos metálicos (Martínez, 1976).

La densidad lineal es el resultado de la relación entre el peso y la longitud de una fibra (Mayorga *et al.*, 2004) y se calcula con la siguiente ecuación:

Donde:

D= densidad lineal (Decitex)

P= peso de la muestra (g)

L= longitud de muestra (m)

$$D = \frac{9000P}{L}$$

Sitkei (1986) citado por Mayorga *et al.*, (2004).

3.2.4 Grosor

Las fibras naturales están sujetas a irregularidades en su crecimiento y por lo tanto no son de tamaño uniforme. En las fibras naturales, la finura es uno de los principales factores que determinan la calidad, el comportamiento de la fibra durante el hilado y el producto que se puede obtener al final de este proceso (Hollen *et al.*, 1999; Cordero, 1959).

Para la medición del grosor de las fibras primero se colocaron las fibras de una misma muestra entre láminas de acetatos, después se digitalizaron en un escáner láser HP Deskjet F4400 Series con 600 ppp (puntos por pixel) de resolución (Figura 14). Posteriormente, cada imagen se analizó en el software ImageJ (Figura 15). Para el análisis de la imagen se ajustó la escala de medición del programa, en este caso 10 mm o 10000 μm = 235 pixeles; después se registró el grosor en la sección media de cada tercio de la longitud de la fibra en los puntos centrales de cada sección y se obtuvo un valor promedio.



Figura 14. Digitalización de muestras utilizando un escáner láser HP Deskjet F4400.

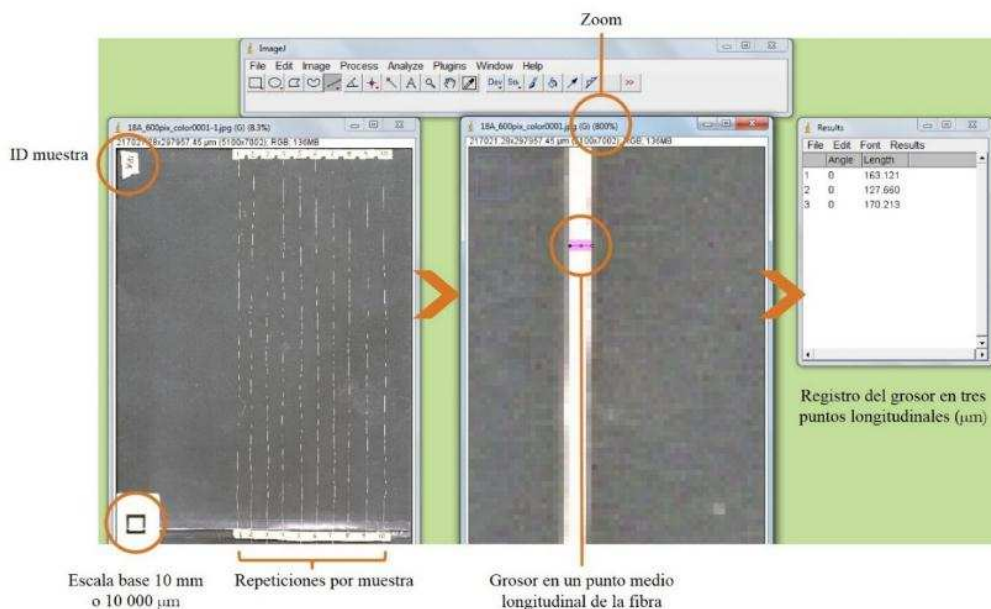


Figura 15. Procedimiento para la medición del grosor en el software Image J a partir de las imágenes digitalizadas de las fibras.

3.2.5 Resistencia a la tracción

La resistencia a la tracción se define como la fuerza máxima de tensión, en unidades de fuerza por unidades de área, de la prueba en el momento de ruptura (Cordero, 1959). A diferencia de las pruebas de límite de rotura de fibra o hilo por su propio peso, las pruebas de resistencia mecánica (a la tracción, compresión, flexión, torsión, etc.) son independientes de su densidad (Martínez, 1976).

Para evaluar la resistencia a la tracción de manera individual, se seleccionaron tres fibras al azar de cada muestra y se obtuvieron tramos de 15.0 cm de longitud a partir del punto medio de la longitud total de cada fibra. Es decir, que se elige una longitud de la fibra lo suficientemente pequeña para que en la sujeción en las mordazas de tensar queden también sujetas firmemente las fibras cortas y los valores obtenidos en los ensayos sean reproducibles y comparables (Martínez, 1976). El corte de los tramos de fibras se realizó en una guillotina Maped Precise Cut (Figura 16) y se adhirieron dos recortes de cartón en cada extremo (Figura 17) para proporcionar una mayor sujeción durante la evaluación de la tracción y asegurar que la ruptura sea el resultado de la fuerza que efectúa la máquina y no por la presión que ejercen las mordazas en los extremos de la fibra.

La resistencia de las fibras vegetales húmedas es superior a la de las fibras secas debido a que el agua ocluida por sorción en los espacios interfibrilares dificulta el roce por desplazamiento de las fibrillas en los procesos mecánicos de tracción (Martínez, 1976). Las fibras a evaluar se acondicionaron a una temperatura de $25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ y a una humedad relativa de $65\% \pm 2\%$ como sugieren Mayorga *et al.* (2004) y Caballero *et al.* (2008), para lo cual se utilizó una cámara Lumistell ICP 19 (Figura 18) en el que se colocaron las fibras por un periodo de 72 horas. Las muestras se recubrieron con recortes de papel aluminio (Figura 19) y fueron guardadas en bolsas de plástico con cierre hermético para conservar las condiciones ambientales. El acondicionamiento de fibras se realizó en el laboratorio de Recursos Bióticos del Instituto de Investigación en Zonas Desérticas de la UASLP.

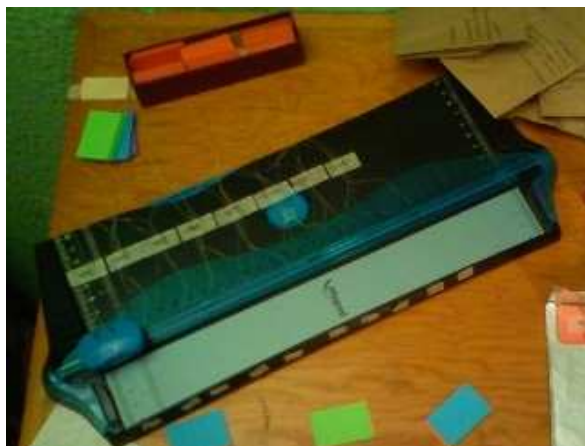


Figura 16. Corte de tramos de 150 mm en guillotina Maped Precise Cut.

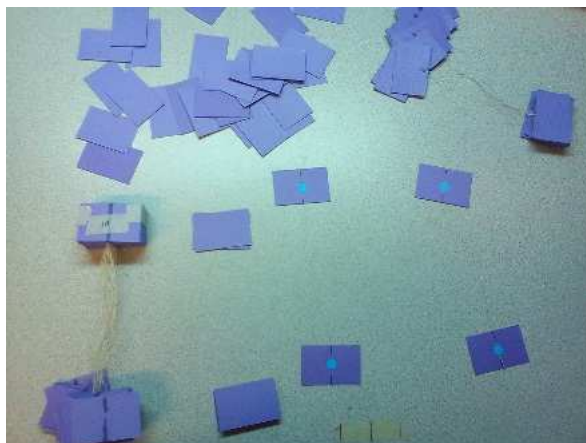


Figura 17. Recortes de cartón como refuerzo para la sujeción con las mordazas.



Figura 18. Cámara de crecimiento de plantas Lumistell ICP 19, en la cual se acondicionaron las fibras.



Figura 19. Grupo de muestras protegidas con papel aluminio durante el acondicionamiento.

Posteriormente las fibras se sometieron a los ensayos de tracción en el equipo de pruebas físicas TA.XTPlus Texture Analyzer (Figura 20) con una celda de carga de 30 kg y mordazas "tensile grips A/TG". La velocidad de la prueba fue de 0.8 mm/s, en una distancia recorrida de 50 mm, lo anterior con base en Mayorga *et al.* (2004) y Caballero *et al.* (2008).

El TA.XTPlus Texture Analyzer utiliza el software Exponent Stable Micro Systems para el análisis de datos de los ensayos. Los ensayos de tracción se llevaron a cabo en el laboratorio de Ciencia de los Alimentos e Investigación de la Facultad de Ciencias Químicas de la UASLP.



Figura 20. Ensayo de tracción para una muestra de fibra de Agave en el equipo TA.XTPlus Texture Analyzer.

3.2.6 Color

Para la evaluación del color de las muestras de ixtle, se utilizó la tabla de valores cromáticos de Küppers (2002), que tiene símbolos alfabéticos y numéricos. Esta tabla comprende una gama de mezcla y saturación de los colores negro, magenta (rojo), amarillo y cian (azul) (NMYC por sus siglas en inglés) y permite identificar el código al que pertenece cada matiz, situando la muestra en el recuadro similar a su color y dando lectura a las iniciales del color donde se ubica: arriba a la izquierda se encuentra el valor del tono, el cual es válido para todos los matices de una tabla. Luego se lee el valor de la línea horizontal, en la que se encuentra el matiz, y finalmente el de la columna vertical. Las letras corresponden a las abreviaciones de los colores usados (Küppers, 2002) (Figura 21).

Una vez identificadas las muestras, para dar un valor únicamente numérico, se realizó una escala ordinal del 1 al 6, donde:

1= N10 C00 Y00 es el matiz más bajo, es decir, el más claro y,

6= N10 C00 Y50 es el matiz más elevado, es decir, el más oscuro de todas las muestras evaluadas.

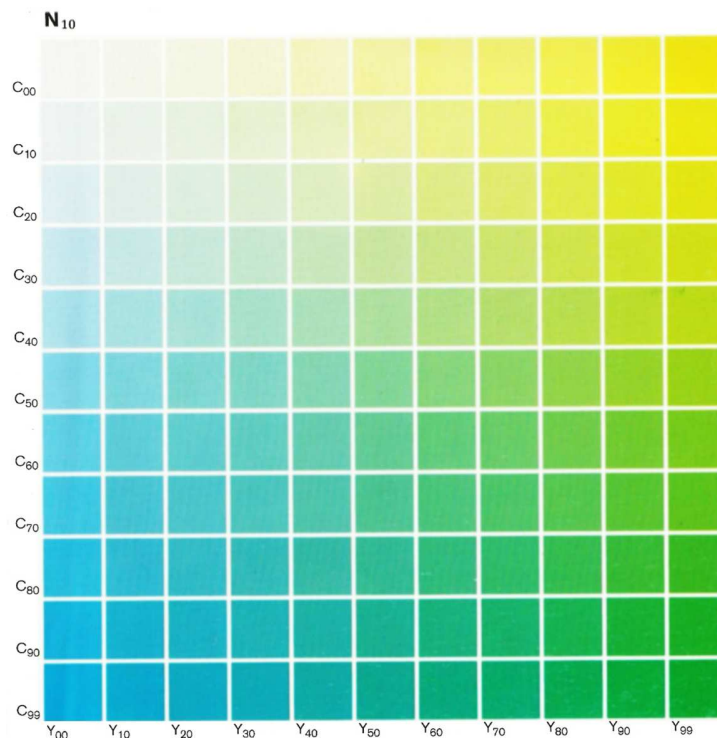


Figura 21. Escala utilizada para la evaluación del color del ixtle, corresponde a la gama de saturación de verdes.

3.3 Análisis estadístico

Se elaboró una serie de preguntas que relacionan las características físicas de las fibras con las variables independientes. Los datos se dispusieron estratégicamente en tres matrices, que reflejan las preferencias de los informantes por ciertas especies, variantes y madurez de la penca; así, cada matriz compara las características de la fibra de:

1. la especie *Agave salmiana* y *A. mapisaga*
2. la variante *Xa'mni* en las cuatro comunidades de estudio
3. los cogollos de las variantes Chino cenizo, *It'ui*, *Ma'ye* y *Xa'mni*

El análisis estadístico para las variables de respuesta se ajustó para un diseño completamente al azar.

Para probar si existieron efectos entre especies, variantes, comunidades y tratamientos de la penca, se plantearon interacciones entre ellas, de tal forma que, cuando resultaron diferencias significativas, se corrieron pruebas de medias de mínimos cuadrados (LSM), y cuando no fueron significativas se realizaron pruebas de medias de Tukey (Steel *et al.*, 1997). Estos análisis se llevaron a cabo con el paquete estadístico SAS/STAT.

RESULTADOS



*Urdimbre de santhe
Fotografía: Alicia Reyes Samilpa*

4. Resultados

4.1. Exploración etnobotánica

4.1.1. Especies y variantes utilizadas para obtención de ixtle

En la exploración etnobotánica se registró que las variantes de maguey preferidas para la obtención de fibra en las comunidades visitadas del Valle del Mezquital son Chino cenizo, *Hok'uada* y *Xa'mni* de la especie *A. salmiana*; *It'ui* chico de *A. salmiana* spp. *crassispina*, así como la variante *Ma'ye* de *A. mapisaga*. Se registró que ocasionalmente también se trabaja la fibra del Maguey blanco de *A. aff. asperrima* y de *Denxi'uada* de *Agave* sp. (Tabla 9).

La variante *Xa'mni* (*Agave salmiana*) se utiliza en las cuatro comunidades de estudio, la variante Maguey blanco se utiliza en San Andrés Daboxtha y en El Dadho; y el resto de las variantes se aprovechan sólo en una comunidad, como *Hok'uada*, *It'ui* chico y grande y *Ma'ye* en San Andrés Daboxtha; *Denxi'uada* sólo se usa en El Dadho y Chino cenizo sólo en Pozuelos.

A decir de los informantes, la variante *Xa'mni* (*Agave salmiana*) es la más apreciada en la región, porque de ésta se obtiene mucha fibra y abundante aguamiel, ambos de buena calidad; en efecto, las fibras de esta variante son de las más largas (97.3 cm en promedio) y finas (170 μm). Otras variantes apreciadas son los *It'ui* grande y chico, aunque se consideran magueyes corrientes, son muy resistentes a las heladas, y su fibra es larga (98.7 cm promedio) y gruesa (185 μm); *Hok'uada* por su fibra muy fina (124 μm promedio de las fibras del cogollo); *Ma'ye* por el ixtle largo (97.6 cm en promedio) y de muy buena calidad, sobre todo porque son muy blancas, (valor de 2.6 en promedio, en la escala Küppers). En contraste, los informantes también mencionaron variantes como *Mutha* y *Mäüxo* (de *A. salmiana*) y *Da'zi* (*Agave* aff. *americana*) que suelen ser útiles para obtener aguamiel, sin embargo, no se usan para la extracción de ixtle debido a que sus fibras son quebradizas y durante el proceso de tallado se rompen y salen incompletas, y cuando se logran obtener de un tamaño adecuado, son difíciles para manejar durante el hilado.

En relación con la cantidad de variantes que en las comunidades se usan, destaca San Andrés Daboxtha donde se usan seis de las ocho variantes (*Hok'uada*, *It'ui*, Maguey blanco, *Xa'mni*, y *Ma'ye*); en El Dadho se usan tres (*Denxi'uada*, Maguey blanco, y *Xa'mni*) en Pozuelos dos (Chino cenizo y *Xa'mni*) y Santa Ana es la única localidad en donde se aprovecha sólo una variante (*Xa'mni*) para extraer ixtle. Los informantes explican que en localidades como El Dadho y Santa Ana pertenecientes al municipio de Chilcuautla (que usan tres y una variante, respectivamente), antes se aprovechaban mucho más variantes, pero desde que sus inmediaciones fueron convertidas en distrito de riego (en los años 70 del siglo pasado), muchas variantes desaparecieron, pues no se adaptaron a los nuevos ambientes húmedos de las parcelas irrigadas. En contraste, en San Andrés Daboxtha ubicada en el Valle Alto del Mezquital, donde sólo existen tierras para agricultura de secano, es en donde más variantes de maguey se registraron. Sin embargo, también comentaron los informantes, que el interés

por cultivar magueyes y aprovecharlos para fibra o aguamiel ha disminuido debido a la emigración de la gente a centros urbanos nacionales y/o al extranjero y por ello, muchas variantes no se han propagado y se están perdiendo localmente en las últimas décadas.

Tabla 9. Variantes utilizadas para la obtención de muestras de ixtle. (Con base en: Mora *et al.*, 2010; Rangel, 1987; Pérez, entrevista personal, septiembre, 2014).









Especie	Variante	Lugar de muestreo
<p><i>Agave salmiana</i></p> 	<p>Nombre <i>hñähñu</i>: <i>Xa'mni</i> Traducción: Espina que rasga</p>	<p>1. San Andrés Daboxtha 2. Santa Ana Batha 3. Pozuelos 4. El Dadho</p>
<p><i>Agave aff. aspérrima</i></p> 	<p>Nombre <i>hñähñu</i>: sin nombre Nombre español: Maguey blanco</p>	<p>1. San Andrés Daboxtha 2. El Dadho</p>
<p><i>A. salmiana</i></p> 	<p>Nombre <i>hñähñu</i>: <i>I'tui grande</i> Nombre español: sin nombre</p>	<p>1. San Andrés Daboxtha</p>
<p><i>A. salmiana</i></p> 	<p>Nombre <i>hñähñu</i>: <i>Hok'uada</i> Nombre español: Maguey mexicano</p>	<p>1. San Andrés Daboxtha</p>

Tabla 9. Continuación. Variantes utilizadas para la obtención de ixtle. (Con base en: Mora *et al.*, 2010; Rangel, 1987; Pérez, entrevista personal, septiembre, 2014).

Especie	Variante	Lugar de muestreo
<p><i>Agave mapisaga</i></p>	 <p>Nombre <i>hñähñu</i>: <i>Ma'ye</i> Nombre español: Penca larga</p>	<p>1. San Andrés Daboxtha</p>
<p><i>Agave</i> sp.</p>	 <p>Nombre <i>hñähñu</i>: <i>Denxi'uada</i> Nombre español: Maguey cebolla</p>	<p>1. El Dadho</p>
<p><i>A. salmiana</i></p>	 <p>Nombre <i>hñähñu</i>: sin nombre Nombre español: Chino cenizo</p>	<p>1. Pozuelos</p>
<p><i>A. salmiana</i> spp. <i>crassispina</i></p>	 <p>Nombre <i>hñähñu</i>: <i>It'ui</i> chico Nombre español: sin nombre</p>	<p>1. San Andrés Daboxtha</p>

4.1.1. Selección y desprendimiento de pencas

El proceso de extracción del ixtle inicia con la selección del maguey por parte del tallador o *dexi*, sus criterios de selección son la variante y la madurez de la planta (Figura 22). Si acaso el maguey que seleccionó pertenece a otra persona, o se encuentra en un terreno ajeno, establece un trato para que se lo vendan: puede comprar la planta completa, o sólo cierto número de pencas y el tallador puede pagar con dinero o en especie; esto es, con una parte del ixtle que obtenga. Algunas variantes, como *It'ui* chico, son buscadas y recolectadas en el agostadero comunal y entonces el tallador, como cualquier miembro de la comunidad, tiene acceso a ellas libremente.

Para seleccionar el maguey hay dos opciones:

1. Aprovechar magueyes fisiológicamente maduros que estén en la fase inicial de su reproducción sexual, es decir, en proceso de iniciar el cambio del meristemo apical de vegetativo (generador de hojas) a reproductor (generador del escapo floral o *bo*).
2. Aprovechar magueyes fisiológicamente inmaduros.

Cuando el tallador selecciona magueyes fisiológicamente maduros, como sucede en las comunidades San Andrés Daboxtha, Santa Ana Batha y Pozuelos, por lo general son plantas de seis a ocho años de haber sido plantadas, que estén en condiciones de ser castradas o capadas (que es el proceso de eliminar la yema o meristemo apical). El primer paso del castrado consiste en eliminar con un machete el cogollo, que está conformado por las pencas más jóvenes del maguey (Figura 23); las hojas del cogollo, una vez desprendidas, de ser de variantes con dientes grandes, se procede a eliminarlos con un cuchillo. Estas hojas del cogollo se tallarán para obtener fibra. Luego, después de tres a cinco meses durante los cuales el maguey produjo aguamiel, se cortan las pencas maduras (también se eliminan los dientes) y se aprovechan para forraje (Figura 24). Ni las pencas maduras, ni las viejas se aprovechan para extraer fibra, pues el proceso de tallado de pencas con un grado de madurez avanzado resulta muy laborioso, además que las fibras pueden llegar a salir incompletas durante el tallado.

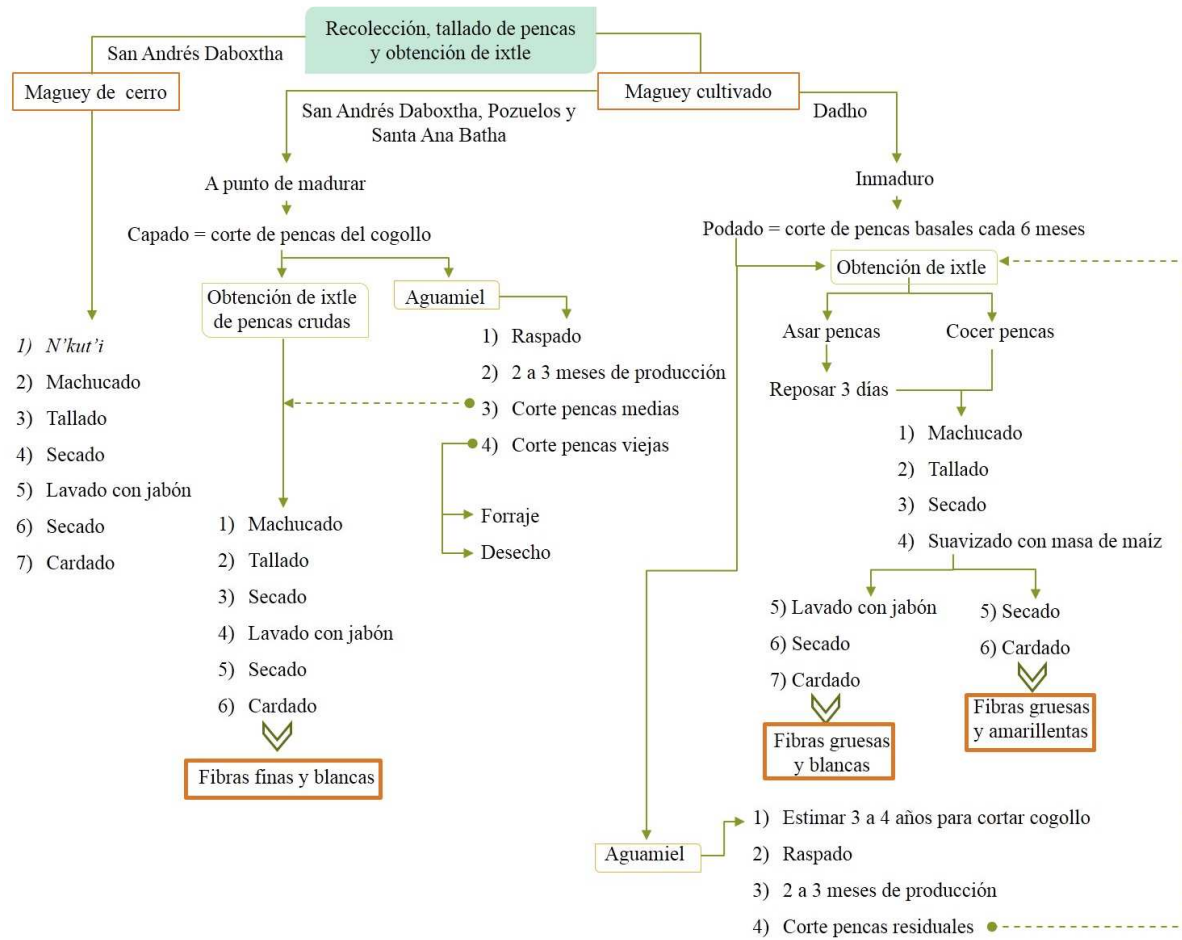


Figura 22. Diagrama de recolección y uso de pencas (en función a la madurez del magüey y su localización), y proceso de obtención ixtle.



Figura 23. Maguey en proceso de ser capado, el cogollo recién fue desprendido.



Figura 24. Maguey picado consumido por ganado ovino.

Cuando se seleccionan magueyes fisiológicamente inmaduros, como en la comunidad de El Dadho, los magueyes son de aproximadamente tres a cuatro años de haber sido plantados y en este caso, como fuente de ixtle, se obtienen las pencas viejas a través de un proceso de poda (Figura 25); se pueden estar podando las pencas cada seis meses durante tres a cuatro años, después de los cuales a la planta se le permite llegar a su madurez fisiológica, al dejar de podarles dichas hojas. Si se decide aprovechar esta planta para obtener aguamiel (aunque este uso no es tan frecuente en El Dadho, pues la actividad económica principal, con relación a los magueyes, es la extracción de ixtle), se deja un lapso de seis meses en las que no se poda el maguey, para después de ese tiempo proceder al capado y, al igual que en el caso

anterior, se aprovechan las hojas jóvenes del cogollo para ser talladas y también, al terminar la producción de aguamiel, se aprovechan el resto de las hojas (maduras y viejas) para obtener fibra, rara vez se usan como forraje. En caso de decidir por no aprovechar el maguey para obtener aguamiel, entonces se deja que la planta madure y produzca su escapo floral, que puede ser aprovechado para forraje o para elaborar dulce de quiote o en algunos casos se permite la floración y sus flores o golombos (*ndombo* en *hñähñu*) se consumen como guiso.

Una herramienta que se usa en ambos casos para obtener las pencas maduras y las viejas es la tajadera (que es una cuchilla, en forma de media luna unida a una pértiga o mango de 1.50 m) o *mok'uada* (Figura 26). Para remover la espina apical y los dientes de las pencas se utiliza un cuchillo o un machete.



Figura 25. Maguey podado.



Figura 26. Don Mateo Rómulo utilizando una tajadera para desprender las pencas de un maguey que terminó de producir aguamiel. Las pencas se usarán para forraje.

4.1.2. Acondicionamiento de pencas previo al tallado

En todas de las comunidades las pencas recolectadas son golpeadas en su parte basal, con un mazo (*munxi*) de mezquite, de 120.0 cm de longitud, a este proceso los informantes le llaman machucado. En la mayor parte de las comunidades las hojas que se machucan están crudas y sólo en El Dadho las pencas se machucan después de ser asadas o cocidas. En ambos casos el proceso del machucado tiene el objetivo de eliminar parte de la pulpa, ablandarla y disminuir el volumen de la base de la penca. Para ello se coloca la penca sobre una superficie resistente, preferentemente una piedra grande con caras planas, donde la hoja del maguey recibe una serie de golpes con el mazo (Figura 27), hasta que la base tenga un grosor igual al resto de la penca; el tallador deja de golpear la penca cuando observa que las fibras empiezan a sobresalir de la penca.



Figura 27. Doña Nicolasa San Pedro realizando el proceso de machucado en una penca asada.

La cocción o asado se realiza al aire libre, en el patio o en el terreno del tallador (Figura 28). Para asar las pencas se prepara una fogata con troncos gruesos sobre el suelo, quiotes y pencas secas de maguey y nopal. Una vez inicia el fuego, se apilan de cinco a siete pencas de maguey sobre la leña durante 15 minutos aproximadamente; la persona que lleva a cabo el proceso se cerciora que el calor llegue a toda la penca y por ambas caras de la misma. Luego, las pencas asadas se trasladan a un área expuesta al sol, se colocan sobre el suelo, se cubren con una cobija gruesa y así se dejan reposar durante tres días. Transcurrido el tiempo, están listas para la extracción de ixtle. Los informantes indican que el proceso contribuye a suavizar las pencas y facilita el tallado, ya que reduce la irritación que el *gixe* provoca en la piel y además el jugo que sale de la penca durante el tallado va 'limpiando' la fibra por lo que casi no utilizan agua durante el proceso. Una de las consecuencias del asado de pencas es que su fibra será más oscura y gruesa; la medición de color lo confirma, el color de las fibras que se obtuvieron de las pencas asadas fue de 4.3 (muy alejado del valor de 1.0, el blanco, en la escala Küpper), en comparación con las fibras de pencas crudas, que obtuvieron un valor promedio de 2.6; en tanto que el grosor promedio de las fibras asadas fue de 186 μm , y de las fibras de pencas crudas de 153 μm . Los residuos que se generan en el proceso de tallado

de las pencas asadas son posteriormente quemados o se acomodan en pequeños montículos en las orillas de sus áreas de cultivo, donde con el tiempo se van descomponiendo e integrando al suelo. Los residuos no se utilizan como forraje, pues no es del gusto de los animales.



Figura 28. Asado de las pencas viejas en la comunidad El Dadho.

Para la cocción también se prepara una fogata en el patio de la casa. Una vez que encienden las brasas, se coloca sobre ellas un cazo de lámina, con unos 97 L de agua; cuando el agua inicia su ebullición, se colocan dos pencas viejas o tres pencas maduras. Cuando las pencas son muy largas o muy gruesas, se introduce primero la parte basal y una vez que esté ablandada, después de unos 20 minutos de cocción, se introduce la parte media de la hoja también durante unos 20 minutos y finalmente la parte apical; en ese momento ya toda la hoja está adentro del cazo y se cuece por unos 15 minutos o más. Los informantes indican que la cocción suaviza las pencas y al igual que en el asado, facilita el tallado, pues al *gixe* se le reduce su agresividad. La fibra de las pencas cocidas será más clara y suave. Los residuos que se generan en el proceso de tallado de las pencas cocidas se apilan a un lado del área de tallado, como basura, es decir, no se integra al suelo de cultivo. Los residuos tampoco se utilizan como forraje.

La decisión para asar o cocer las pencas a tallar depende de algunas circunstancias. Quienes asan carecen de cazo o no disponen de agua suficiente; o, de tener el agua, es probable que no tengan fuerza suficiente para manejar un cazo con casi 100 L de agua, como les sucede a los talladores ancianos. Los que prefieren la cocción lo hacen para estar menos expuestos al humo (para el asado se requiere más leña y genera mucho humo) y la penca cocida no requiere de reposo, se puede empezar a tallar inmediatamente, una vez que se enfría.

4.1.3. El tallado o proceso de obtención del ixtle

Al proceso de obtención del ixtle se le llama tallado o *texi*. Antes de extraer la fibra se cubren manos, brazos, piernas y cabeza con prendas de tela para evitar *engixarse* (término que hace referencia a la sensación de irritación y escozor en la piel provocada por los jugos

parenquimatosos de las pencas). El tallador o *dexi* recarga un tablón de madera de mezquite o *jongí* (de unos 35 o 40 cm de ancho) sobre un soporte de madera o *nt'ots'i*, haciendo un ángulo entre 45° y 55° (una descripción más detallada de los instrumentos se encuentra en la Tabla 10 y se observan en la Figura 29). En seguida el tallador coloca la mitad superior de la hoja de maguey a lo largo del tablón, el tallador apoya su bajo vientre en el canto superior de la tabla (en una posición hipopresiva de pie, inclinada), así, con su peso sujeta la penca y comienza a tallar la penca de arriba hacia abajo del tablón, con un instrumento llamado mano o *nthexi*; estos movimientos se repiten hasta eliminar por completo la pulpa y dejar únicamente la fibra llamada *jonxähi* que es el ixtle que hasta este punto todavía contiene *gixe*; durante el proceso, se vierte agua ocasionalmente para limpiar la fibra y el tablón. Si la penca fue asada, requiere verterse menos agua, pues el agua contenida en la penca fluye y limpia las fibras; en cambio, en las pencas cosidas o crudas sí se requiere verterles agua. La fibra obtenida en la primera mitad de la penca se enrolla en un palito o *m'at'i* (Figura 30). Luego, se da vuelta a la penca para tallar la mitad inferior. Cuando se han tallado todas las pencas, la fibra obtenida se lava con agua y se extiende para que se seque al aire, evitando el contacto directo con el sol. Las fibras que se obtienen de las hojas jóvenes del cogollo son muy finas (126 µm promedio), cortas (84.8 cm promedio) y blancas (2.4 en la escala de Küppers). En cambio, las fibras que se obtienen de las hojas viejas son más gruesas (165 µm), más largas (123.9 cm promedio), y “no tan blancas” (2.7 en la escala de Küppers).



Figura 29. Doña María Durán realizando el tallado a una penca de la variante *Xa'mni* (*Agave salmiana*). Los instrumentos utilizados en el proceso son: a) soporte o *nt'ots'i*; b) mano o *nthexi*; c) tablón o *jongí*; d) bote con agua.

Tabla 10. Instrumentos utilizados durante el proceso de tallado para la obtención de ixtle entre los *hñähñu* del Valle del Mezquital.

Instrumento	Material	Descripción	Figura
Tablón o <i>jongí</i>	Madera de mezquite (<i>Prosopis</i> sp.)	Dimensiones personalizadas para el tallador, pero en general mide de 90.0 a 110.0 cm de largo, de 35.0 a 40.0 cm de ancho y de 2.5 a 4.0 cm de grosor. Al estar inclinada sobre el suelo, en un ángulo de 45° a 55° debe llegar a la altura del bajo vientre para que la penca quede presionada entre la tabla y el cuerpo del tallador	Figura 29a
Soporte o <i>nt'ots'i</i>	Polín de madera por lo general de mezquite	El polín se coloca en forma horizontal, perpendicular al tallador, a la altura de su bajo vientre, recargado en sus extremos sobre algún objeto o mueble resistente. Sobre el polín se recarga el tablón, haciendo un ángulo que permita al tallador ejercer suficiente presión en la penca	Figura 29b
Mano o <i>nthexi</i>	Rama curva de mezquite y navaja metálica, roma	El instrumento con el que se talla, consiste en una rama curva de madera (de unos 80 cm de largo y 5 cm de diámetro) que tiene inserta, a lo largo, una lámina gruesa de metal de unos 15 cm. Por lo general, estos instrumentos los elaboran los mismos talladores con elementos que se encuentran en el campo, como pedazos de troncos o raíces de mezquite; la lámina puede ser un pedazo de machete o un cuchillo de desecho.	Figura 29c
<i>M'at'i</i>	Madera	Palito de unos 20.0 cm de largo en el que se va enrollado el ixtle extraído, evita que se enrede con lo que falta por tallar	Figura 30
Bote con agua	Plástico	Para limpiar la fibra y evitar la acumulación de <i>gixe</i> en la tabla	Figura 29d



Figura 30. Don Mateo Rómulo enrollando el ixtle obtenido de la mitad de la penca en el *m'at'i* para continuar tallando la penca.

Cuando el magüey que se va a aprovechar para ixtle se encuentra en un cerro, es decir, fuera de las áreas de cultivo, se puede realizar la técnica llamada *nk'u'ti*, principalmente para evitar recolectar y llevar las pencas enteras desde el cerro a la casa, donde se realiza el tallado. La aplicación de esta técnica se observó únicamente en la comunidad de San Andrés Daboxtha.

El instrumento (que le da el mismo nombre al proceso, *nk'u'ti*) consiste de una rama de *Prosopis* de 50.0 cm de largo y 5.0 cm de diámetro, con un extremo dividido, a manera de horqueta, en dos ápices puntiagudos de una longitud de 20.0 cm. Con un pie se sujeta la base de la penca del suelo, luego, se atraviesa con uno de los ápices puntiagudos la cara de la penca, se da uno o dos giros al *nk'u'ti* y se hala con fuerza; de esta forma se obtienen listones de fibra de 2 a 3 cm de ancho (Figura 31). Después de haber obtenido tres o cuatro listones, los siguientes listones no se desprenden tan fácilmente, pues las fibras están muy unidas a la penca, entonces, se hace una incisión con un cuchillo en la base de la penca para liberarlas y poder halarlas. Al terminar, las pencas quedan huecas y se dejan en el cerro. El tallador se lleva los listones de fibra obtenidos y en su casa los somete al proceso de tallado manual descrito anteriormente; para eliminar los residuos de pulpa y *gixe*.



Figura 31. Doña Felipa Ángeles mostrando la técnica de *nk'u'ti* en las pencas más jóvenes de un *Xa'mni*. Nótese que la recolectora trata de cubrir todo su cuerpo con ropa, para evitar el contacto con el *gixe*.

4.1.4. Tratamientos del ixtle

Cuando el ixtle ya se secó a la sombra, los talladores toman en una mano la fibra de las pencas que han tallado y forman manojos (un manajo es un haz pequeño de cosas que se puede coger con la mano) (DRAE, 2014), afianzándolos por la parte media de su longitud con un atado de la misma fibra. Un manajo puede estar conformado por la fibra que se obtuvo de tres a cuatro pencas del cogollo o de una o dos pencas más grandes, pesa de 45.0 a 90.0 g y puede ser vendido por \$60.00 o \$70.00. La fibra, así en manojos, se puede almacenar o proceder inmediatamente a aplicarle distintos tratamientos para eliminarle los últimos residuos del *gixe*, suavizarla y blanquearla (Figura 32). Con estos tratamientos acondicionan el ixtle para el proceso de hilado, ya que se facilita la capacidad de cohesión, que es la fricción entre las fibras desarrollada como resultado de la torsión (Morton & Hearle, 2008; Maiti, 1995).

En San Andrés Daboxtha se utiliza una mezcla de detergente en polvo para ropa, vinagre blanco de caña y agua (la relación aproximada de cantidades para cuatro manojos de ixtle es de una parte de vinagre y dos partes de jabón por 20 partes de agua). En un recipiente hondo se coloca el ixtle y se vierte la mezcla, donde se deja reposar de cuatro a cinco horas, cuando la fibra fue recientemente tallada, o una noche si acaso la fibra tiene más tiempo de haber sido extraída. Posteriormente se enjuaga la fibra con agua, se restriega con jabón neutro en barra para cuerpo y agua, y se deja reposar otra noche. Transcurrido este tiempo, se exprime, se sacude con un movimiento firme con el dorso de la mano y se extiende a la sombra para que seque (los informantes señalan que si se expone al sol queda amarillenta y quebradiza y si se enjuaga con agua, ya no se puede hilar). La fibra lavada resulta con un valor más cercano al blanco que la fibra al natural (de 3.3 baja a 1.6 en la escala Küppers).

En Santa Ana Batha y Pozuelos se utiliza una mezcla de jabón neutro en barra para cuerpo y agua. El proceso consiste en lavar el ixtle como si fuera ropa: en el lavadero se coloca el manajo de ixtle extendido, se vierte agua y se restriega el jabón en barra contra la fibra, hasta

que esta queda más blanca que al comienzo. Se enjuaga con muy poca agua, se exprime y se seca extendido a la sombra. Y sí, la fibra con este procedimiento resulta con un valor más cercano al blanco (de un valor 4 en la escala Küppers, a valores de 3.2 en Santa Ana Batha y 2.3 en Pozuelos).

El tercer tratamiento para suavizar las fibras únicamente se practica en El Dadho. Se utiliza una mezcla de agua con masa de maíz (la relación de las cantidades para dos a tres manojos de ixtle es de una parte de masa por 10 partes de agua). La mezcla se vierte en un recipiente hondo que contiene el ixtle y se deja reposar de dos a tres días y luego se enjuagan con agua. Con este tratamiento el ixtle mantiene su color amarillento o más oscuro comparado con los tratamientos de las otras comunidades, pero cuando se elaboran productos artesanales de ixtle para venta, se realiza el proceso de suavizado y blanqueado como se ha descrito para Santa Ana y Pozuelos. Sin embargo, el tratamiento con masa de maíz sí baja un nivel la coloración del ixtle (de 4.5 desciende a 3.7 en la escala Küppers).



Figura 32. Manojos de ixtle recién tallado, sin lavar ni cardar.

4.1.5. Técnicas de cardado del ixtle

El proceso de cardado es la operación de aislar o separar las fibras unas de otras (Esparza, 1998) y para eliminar las pequeñas motas de fibra enrolladas del mismo tejido vegetal que no pudo ser eliminado en la fase del tallado (en la industria textil a estas motas les nombran *neps*) (Morton & Hearle, 2008).

- a) Púa del maguey o *bimda*. Con una mano se sostiene una púa o espina terminal de la penca del maguey, con la otra se sostiene el manojito de ixtle lavado, seco y extendido, y con movimientos cortos y firmes se pasa la púa contra el ixtle simulando un peine

(Figura 33), de arriba hacia abajo, hasta separar las hebras y obtener un pequeño conjunto de *foxi* o residuos de fibras muy cortas con *neps*.

- b) Biznaga de cerro o *däxpe*. Se aprovecha la biznaga *Echinocactus platyacanthus*. Los informantes dicen que tiene el tamaño ideal, de unos 50 a 70 cm de altura, con sus espinas grandes, resistentes y espaciadas. El proceso consiste en hacer movimientos de látigo con la fibra hacia la superficie de la biznaga hasta dejar entre sus espinas los residuos (Figura 34), mismos que pueden servir después como relleno de algunas artesanías como las esponjillas o estropajos.
- c) Tabla con clavos. La tabla con clavos se utiliza cuando el tallador no tiene acceso a la biznaga. En una tabla cuadrada de madera de 50 cm de lado y 5 cm de grosor, se insertan, atravesando totalmente la tabla, de nueve a diez clavos de 7.62 cm (3.0”) a 10.16 cm (4.0”) distribuidos en nueve o diez hileras aproximadamente. Así, la tabla queda como un instrumento para cardar, con “cerdas” largas, fuertes, con puntas agudas. La tabla debe estar bien fija para que no se mueva al momento de golpearla con las fibras, y los clavos bien erguidos para hacer la función que las espinas cumplen en la biznaga o *däxpe* (Figura 35).



Figura 33. Doña Felipa Pérez cardando un manojo de ixtle con la espina apical de una penca de maguey. Como se observa en la imagen, esta actividad se puede realizar dentro del hogar del tallador.



Figura 34. Mujer peinando fibra de maguey teñida. Fotografía: Katsumi Nakatake para Cooperativa La Flor del Valle, Ixmiquilpan, Hidalgo.



Figura 35. Doña Felipa Pérez cardando ixtle en una tabla con clavos. La tabla está sujeta firmemente a la base de un árbol de pirul.

4.1.6. Técnica de hilado

El hilado del ixtle se realiza con un huso manual llamado malacate o *thet'i*, el cual es un instrumento elaborado con materiales de la región; consta de tres piezas:

- a) Huso. Es el eje elaborado de madera, de 30.0 cm de largo y 1.0 cm de diámetro aproximadamente, con un extremo en forma de flecha y el otro atraviesa firmemente la base.
- b) Base, volante o contrapeso. Elaborado con piedra, que puede tener algunas ornamentaciones grabadas, como grecas, es de forma semiesférica de 4.5 cm de

diámetro, con los bordes redondeados (Figura 36). El huso atraviesa la base por su centro; en la parte inferior de la base hay un tramo de 6.0 a 8.0 cm del eje, que el hilandero toma entre sus dedos para hacer girar todo el instrumento, y un tramo largo, de 15.0 a 20.0 cm, donde se va enrollando el hilo que se forma durante la torsión.

- c) Tope. Tiene la función de detener la piedra, puede ser de hule, o tallado en el mismo eje, depende de la persona que elabore el malacate. Es una pieza opcional.

Antes de comenzar, el hilandero o *hñet'i* debe saber si va a hilar para preparar un ayate de trabajo, uno fino, o si va elaborar bolsas, guantes u otro tipo de artesanía; con esto en mente empieza a preparar el hilo con el grosor que considera apropiado. El tejedor coloca sobre su hombro un manojo de ixtle extendido, toma unas cuantas hebras y atora las puntas en las hendiduras del ápice con forma de flecha del huso. Los informantes afirman que no existe un número determinado de hebras para un grosor específico de hilo, pero por medio de la experiencia y el tacto, el hilandero va conformando el hilo del grosor apropiado. Acto seguido, con los dedos medio, índice y pulgar, toma el tramo del huso que sobresale de la base y hace girar el malacate (imitando el movimiento de una pirinola), así se inicia la torsión del hilo o *thähi*. Cuando el malacate está girando, con la mano sostiene y con un movimiento tira de las mismas fibras con las que comenzó, haciéndolas pasar por la punta en flecha del eje para que se acomoden de manera adecuada (Figura 37). Durante el proceso, por la diferencia de la longitud de las hebras, se van halando desde el manojo que mantiene en el hombro, una o dos fibras para reemplazar las que ya formaron el hilo y así no afectar al grosor del mismo. Cada tramo de ixtle hilado o *santhe* se va acumulando y distribuyendo a lo largo del eje. El término de este proceso se establece cuando el eje del malacate está lleno de hilo.

Para continuar el proceso, se desenrolla el hilo que está en el eje para trasladarlo al tramero o *njät'i* (que es un elemento usado también en el telar de cintura y con el que se lleva la cuenta de la cantidad de hilo), envolviendo el hilo en las hendiduras que se encuentran en los extremos bifurcados de este instrumento



Figura 36. Base, volante o contrapesos de piedra para malacate, exhibidos en el Museo de la Cultura *Hñähñu*, Ixmiquilpan, Hidalgo.



Figura 37. Comenzando el hilado del ixtle en el malacate.

4.1.7. Tejido del ixtle

Una vez hilado el ixtle, se puede vender o el hilandero lo utilizará para tejer. Las personas que tejen o *met'e* son todas mujeres; la elaboración tradicional de ayates es utilizando el telar de cintura, y son las personas de edad avanzada quienes conservan y practican esta técnica. En contraste, tejedoras más jóvenes prefieren la técnica de tejido con ganchillo o *croché* (del vocablo francés que significa ganchillo) (DRAE, 2014).

4.1.8. Telar de cintura o *ya'be ga ñhu'ti*

Armado de la urdimbre

Cuando se va a tejer un ayate, el primer paso es estructurar y definir el largo de la pieza, a través de la urdimbre, que es el conjunto de hilos que se colocan en el telar paralelamente unos a otros para formar el tejido (DRAE, 2014). La anchura máxima de la pieza siempre estará limitada por la anchura de la cintura de la tejedora o, menos común, por lo largo de sus brazos extendidos. Para empezar a preparar la urdimbre se requiere un instrumento llamado urdidera o *t'ui*, que consiste en una viga de madera, con postes insertados en cada extremo. Las medidas de la urdidera están en dependencia de la longitud del ayate que se va a tejer. Para un ayate pequeño, se utiliza una urdidera con la base de 30.0 cm de largo, 10.0 cm de ancho y 5.0 cm de grosor, y clavos de 4" (10.46 cm) como postes. Para un ayate más largo, la base de la urdidera puede ser de 50.0 o 100.0 cm de largo, 10.0 cm de anchura, 10.0 cm de grosor, y varillas metálicas o palos de madera, de 30.0 a 35.0 cm de largo como postes (Figura 38 y Figura 39).

Para armar la urdimbre, se toma una de las puntas del hilo que está en el tramero de carrizo, se une a uno de los postes de la urdidera con un nudo holgado (que permita luego sacarlo con facilidad de los postes) y se lleva el hilo hasta el otro poste, donde se le da vuelta y regresa al primer poste, siempre “formando un ocho”, hasta completar 35 vueltas y se termina con

otro nudo holgado. Los hilos que conforman la urdimbre tradicionalmente son de ixtle o *santhe*, sin embargo, algunos tejedores utilizan también hilo sintético o de algodón.



Figura 38. Doña Felipa Pérez utilizando la urdidiera más chica (30.0 cm). Hay dos postes de madera en los extremos y un clavo como un tercer poste entre ellos. Con esto, algunos tejedores usan una misma urdidiera para dos ayates de diferente longitud. Sobre el asiento de la silla está el tramero, que contiene hilo que se usará en el telar de cintura.



Figura 39. Doña Rosa López utilizando la urdidiera de mayor longitud (100.0 cm) para elaborar ayates largos.

Armado del telar de cintura

El telar de cintura tiene varios componentes que pueden ser elaborados por los mismos tejedores con materiales regionales o reutilizados, o adquiridos en el mercado (una descripción más detallada de los componentes se encuentra en la Tabla 11 y se observan en la Figura 40).

Una vez armada la urdimbre se debe trasladar de la urdidera a los carrizos de urdimbre o *b'e* (son dos iguales, con una longitud aproximada de 80 cm). Para esto, se introducen los carrizos en cada extremo, de manera que reemplacen los postes de la urdidera. Estos *b'e* conformarán el carrizo superior y el carrizo inferior del telar de cintura; es decir, el superior estará sujeto a la pared, árbol o silla y el inferior, cerca de la cintura de la tejedora.

- Para armar el telar, a cada *b'e* se le amarra fuertemente un cordón en cada extremo. El cordón del carrizo superior se fija a la pared, a un árbol o al respaldo de una silla, formando un triángulo; el cordón del carrizo inferior se une al mecapal o *nde* que rodeará la cintura de la tejedora. Así, la urdimbre queda extendida y se debe mantener semitensa.
- Luego, la tejedora, arrodillada y sentada sobre sus piernas en el piso o sentada en una silla, continúa armando el telar.
- Para fijar y separar uniformemente los hilos de la urdimbre, se posiciona el peine o *sani* de manera que los 35 dientes estén dirigidos hacia abajo; luego, se acomodan uno por uno de los hilos de la urdimbre entre cada uno de los dientes del peine.
- Después se atraviesa a lo ancho de la urdimbre el carrizo de trama o *njuts'i* alternando por encima y por debajo de ese carrizo cada uno de los hilos de la urdimbre; es decir, el carrizo se entrelaza con los hilos. Esta pieza tiene la función de abrir el espacio para posteriormente intercalar los hilos de la urdimbre con los hilos de la trama (que irán perpendiculares a la urdimbre) para formar el tejido.
- El siguiente paso consiste en colocar el carrizo urdidor, lanzadera o *nt'ube*, a lo ancho de la urdimbre en el espacio libre que se forma entre el carrizo superior y el carrizo de trama. Este carrizo urdidor ayuda al carrizo de trama a separar e intercalar los hilos de la urdimbre.
- Después, se coloca la pieza llamada nopal o *xät'ä*, a lo ancho de la urdimbre en el espacio libre que se forma entre el carrizo de trama y el carrizo inferior, para afianzar los hilos de la trama. Con esta pieza se concluye el armado del telar (Figura 41).



Figura 40. Doña Nicolasa San Pedro sentada en el piso sobre un ayate, insertando los hilos de la urdimbre en el peine para iniciar el tejido de un ayate. a) cordón atado al carrizo de urdimbre superior; b) carrizo urdimbre (superior) o *b'e*; c) hilos de urdimbre; d) carrizo urdidor o *nt'ube*; e) carrizo trama o *njuts'i*; f) peine o *sani*; g) elemento auxiliar para el terminado del tejido; h) carrizo urdimbre (inferior) o *b'e*; i) nopal o *xät'ä*.

Tejer en el telar de cintura

Para iniciar el tejido, se atraviesa el hilo contenido en el tramero o *njät'i* a través de los hilos de urdimbre; así se realiza la primera hilera del tejido. Una vez que atraviesa todos los hilos de la urdimbre, con el canto del nopal se empuja fuertemente la hilera de la trama en dirección hacia la cintura de la tejedora para apretar los hilos, después, se gira el nopal 90° y ponerlo en forma vertical lo que crea un espacio donde pasa de nuevo el tramero, se hace la siguiente hilera y se regresa el nopal a su posición inicial (Hollen *et al.*, 1999). Luego, para entrelazar los siguientes hilos, se levanta el carrizo de trama con ayuda del urdidor y se vuelve a pasar el tramero para hacer otra hilera. Estos movimientos se repiten hasta terminar el tejido, el cual concluye anudando el ixtle con la mano o con un gancho, en la última hilera. Cabe mencionar que la tejedora calcula unos 15 o 20 cm antes de terminar el ayate, y sustituye al *xät'ä* o nopal con un carrizo más delgado y a la lanzadera con una varilla delgada que contiene menos cantidad de hilo, debido a que a esa distancia se dificulta el paso del *xät'ä* y de la lanzadera (por sus dimensiones) y llega un momento en el que es imposible realizar el paso del hilo de trama. Estos elementos no forman parte del telar de cintura, y pueden ser elaborados con cualquier objeto que tenga un ancho similar al *xät'ä* y a la lanzadera.

- A la pieza terminada se le llama lienzo, de ser necesario se puede unir a otro lienzo de dimensiones similares para tener un lienzo más grande; luego, en los bordes del lienzo se cose una bastilla (doblez que se hace y se asegura con puntadas, a manera

de hilván menudo, a los extremos de la tela para que esta no se deshilache, DRAE, 2014). Una vez que el lienzo tiene la bastilla hecha, se le llama ayate (Figura 42). No usan la palabra tilma.

- El ayate es una pieza emblemática. Los informantes indican que tanto el tipo de ayate como la calidad del hilo involucran la variante del maguey, a partir de la cual se extraerá el ixtle, por ejemplo, para un ayate fino que se va a regalar o a usar en una ceremonia religiosa, se utiliza el ixtle del cogollo de un *Xa'mni* que tiene un promedio de 103 μm de grosor, pero para un ayate de trabajo o de uso diario el ixtle puede ser de varios tipos de maguey y hasta puede ser de un *It'ui* grande que tiene un promedio de 171 μm de grosor.

El uso del ayate como elemento de carga ha sido reemplazado por bolsas de materiales de plástico o ayates foráneos manufacturados con hilo de plástico o incluso de algodón, por lo que la producción de estos con el ixtle como materia prima ha ido decreciendo y más bien se realiza para ofrendas religiosas, presentes para ocasiones especiales y en menor cantidad como ayate de carga.



Figura 41. Doña Nicolasa San Pedro exhibiendo los componentes del telar de cintura. a) carrizo urdidor o *nt'ube*; b) carrizo trama o *njuts'i*; c) nopal o *xät'ä*; d) peine o *sani*; e) carrizo para separar, tramero o *njät'i*; f) carrizo urdimbre o *b'e* (inferior); g) mecapal o *nde*.

Tabla 11. Componentes del telar de cintura y sus funciones. Con base en Hernández *et al.*, 2010; González-Cruz, 2009.

Nombre español	Nombre hñähñu	Función	Material	Figura
Telar de cintura	<i>Ya'be ga ñhu'ti</i>	Tejer piezas rectas, cuadradas o rectangulares		Figura 41
Carrizo urdidor o lanzadera	<i>Nt'ube</i>	Para abrir y formar la trama del tejido, de 75.0 cm a 80.0 cm de largo y de 5.0 cm a 6.0 cm de diámetro	Carrizo (<i>Arundo donax</i>)	Figura 41a
Carrizo trama	<i>Njuts'i</i>	Para levantar los hilos de la trama, se crucen y pueda pasar por en medio el <i>njät'í</i> que va dejando el hilo en un proceso de ida y vuelta; de 80.0 cm a 90.0 cm de largo y de 2.0 cm a 3.0 cm de diámetro	Carrizo	Figura 41b
Nopal	<i>Xät'ä</i>	Es una tabla en forma de penca de nopal alargada, con sus puntas obtusas, de 75.0 a 80.0 cm de largo, 6.0 a 7.0 cm de ancho y 2.0 cm de grosor, que sirve para separar, para que pueda pasar el <i>njät'í</i> y también para empujar y apretar los hilos	Madera de mezquite (<i>Prosopis</i> sp.)	Figura 41c
Peine	<i>Sani</i>	Por cada uno de sus 35 dientes pasan uno de los hilos de la urdimbre; permite al tejido tener una anchura uniforme; de 60.0 cm a 65.0 cm de largo y de 15.0 a 20.0 cm de alto	Dientes de carrizo y base de madera	Figura 41d
Tramero	<i>Njät'í</i>	Es un carrete largo, bifurcado en las dos orillas, donde se enrolla y guarda el hilo que forma la trama del tejido; de 75.0 a 80.0 cm de largo y 3.0 cm de grosor	Quiote de lechuguilla (<i>Agave lechuguilla</i>)	Figura 41e
Carrizo urdimbre	<i>B'e</i>	Dos piezas iguales por telar: el primero va en la parte superior y sirve para colgar los hilos, colocados espaciadamente conforme al <i>sani</i> ; el otro va en la parte donde comienza el tejido en cuyas orillas se engancha un pedazo de lazo con su mecapal; de 75.0 cm a 80.0 cm de largo y 4.0 cm de diámetro	Carrizo (<i>Arundo donax</i>)	Figura 41f
Mecapal	<i>Nde</i>	Faja que rodea la cintura de la tejedora; así, la tejedora mantiene el control de la tensión de la urdimbre para facilitar el tejido; de 60.0 a 70 cm de largo y 10.0 cm de ancho	Ixtle, algodón o tela sintética	Figura 41g

Las dimensiones de cada componente pueden variar en dependencia del lugar donde hayan sido adquiridas o de la persona que las haya fabricado.



Figura 42. Ayates de uso cotidiano elaborados por Doña Rosa López. A la izquierda con hilo de ixtle lavado y blanqueado, a la derecha tejido con hilo suavizado y bordado con motivos *hñähñu* como una flor o *doni*.

La cantidad de hilo utilizado para la elaboración de los ayates puede variar, sin embargo a continuación se describen dos muestras de ayates de distintos tamaños para contextualizar la cantidad aproximada de hilo o *santhe*.

Muestra A: Ayate grande de trabajo

- Medidas: 100 x 100 cm
- Peso: 380 g
- Grosor del hilo: 2 mm
- Apertura del tejido: 5 mm
- Dos lienzos de 50 x 100 cm
- Hileras en la trama: 200 aprox.
- Hileras en la urdimbre: 220 aprox.
- Hilo necesario para la trama: 220 m aprox.
- Hilo necesario para la urdimbre: 200 m aprox.
- Hilo necesario para el ayate completo: 420 m aprox.

El precio del ayate grande es variable, dependiendo de la calidad del hilo y el uso al que se destine, por ejemplo un ayate de trabajo puede costar \$70.00, mientras que un ayate fino puede ser vendido en \$1000.00.

Muestra B: Ayate pequeño para accesorios

- Medidas: 30 x 30 cm
- Peso: 125 g
- Grosor del hilo: 0.8 mm
- Apertura del tejido: 1.5 mm
- Un solo lienzo (30 x 30 cm)
- Hileras en la trama: 150 aprox.
- Hileras en la urdimbre: 132 aprox.
- Hilo necesario para la trama: 22.5 m aprox.
- Hilo necesario para la urdimbre: 19.8 m aprox.
- Hilo necesario para el ayate completo: 42.3 m aprox.

El precio de un ayate pequeño varía de \$10.00 a \$25.00, sin embargo generalmente la venta se realiza por docena, la cual es de \$70.00 a \$80.00.

Tejido con ganchillo o croché

Es una técnica que se ha adoptado por algunas tejedoras, jóvenes generalmente, en talleres denominados participativos desde los años ochenta del siglo pasado (Ruschel, 2013).

La técnica para hacer un tejido básico consiste en hacer cadenas con ayuda de una aguja metálica que tienen un gancho en un extremo, también conocida como ganchillo. Para comenzar y afianzar el tejido, se toma con el ganchillo el hilo de ixtle o *santhe* y hace una lazada o nudo corredizo, a continuación sin soltar por completo la lazada, se forma un aro con ayuda del ganchillo dentro de la primera lazada. Así, se crea una sucesión de lazadas, una de dentro de otra, hasta que la cadena llega a la longitud requerida; para la elaboración de una tela, se añaden hileras consecutivas con secuencias de aros, cada uno de ellos enganchado tanto a la lanzada anterior como también a la pasada inferior. Para elaborar variaciones sobre el tejido básico, se incrementa el número de lazadas que se anillan en el ganchillo o que se enlazan juntas de una vez (Gillow & Sentance, 2000).

El tejido con ganchillo requiere de un hilo de ixtle fino, para elaborar piezas de tamaño reducido con mayor variedad de formas, como aretes, carpetas, estropajos, blusas, bolsos, morrales o figurillas de animales, entre otros (Figura 43). Los precios de cada producto por lo general son de \$20.00 a \$25.00 el par de aretes, las carpetas individuales, los estropajos y las figurillas de animales. Por otro lado, dependiendo de la calidad del hilo, el tipo de tejido y si llevan o no borado, los morrales pueden ser vendidos de \$40.00 a \$70.00; las blusas y los bolsos tienen un rango de precios de \$100.00 a \$250.00.



Figura 43. Estropajos y bolsas de ixtle tejido con la técnica de gancho.

4.2. Análisis estadístico de las características físicas

4.2.1. Aspectos descriptivos de las fibras de *Agave salmiana* y *A. mapisaga*

De acuerdo con los valores promedio medidos, se puede decir que las fibras más largas, gruesas y densas de *Agave salmiana* son las de la parte central de las hojas viejas; mientras que las fibras más cortas, delgadas y menos densas son las de la sección lateral de las hojas del cogollo; por su parte las fibras con mayor resistencia y color más oscuro son las laterales de las hojas viejas y las fibras con menor resistencia y color más claro son las laterales del cogollo (Tabla 12). Por su parte, en *Agave mapisaga* las fibras centrales de las pencas viejas son las más largas, y las más cortas son las fibras laterales de las pencas maduras; en cambio, las fibras laterales de las pencas maduras son las más gruesas, resistentes y oscuras; por el contrario, las fibras más finas, menos resistentes y más blancas son las fibras centrales del cogollo; y las fibras laterales de las pencas son las más densas mientras que las fibras laterales de cogollo son las menos densas (Tabla 12).

Tabla 12. Valores promedio (y desviación estándar) de los atributos medidos en fibras de dos especies de *Agave* de la región de Ixmiquilpan, Hgo., de hojas con diferentes niveles de madurez (cogollo o joven, madura y vieja) y en distinta sección de la hoja (lateral y central).

<i>Agave salmiana</i>					
Fibras*	Longitud (cm)	Grosor (µm)	Densidad lineal (dtex)	Resistencia (N)	Color**
JL	60.8 (11.4)	95.9 (11.8)	59.2 (10.8)	1.9 (0.4)	2.1 (1.0)
JC	84.9 (10.3)	109.3 (23.9)	92.1 (23.0)	3.8 (0.6)	2.4 (1.3)
ML	72.8 (29.8)	132.8 (21.4)	82.2 (27.0)	2.9 (0.9)	2.6 (0.9)
MC	98.4 (18.4)	139.0 (23.3)	106.0 (19.4)	3.4 (1.0)	2.2 (0.9)
VL	130.5 (24.7)	159.4 (31.1)	163.3 (56.7)	5.3 (0.8)	2.7 (1.1)
VC	139.8 (14.9)	163.0 (27.6)	208.7 (44.3)	4.8 (0.9)	2.6 (1.5)
Promedio	97.9	133.2	118.6	3.7	2.4
<i>Agave mapisaga</i>					
JL	86.0 (34.7)	151.2 (31.1)	92.7 (33.1)	2.9 (0.6)	2.9 (1.0)
JC	106.0 (21.4)	150.0 (22.9)	111.9 (27.3)	2.1 (0.6)	2.1 (1.0)
ML	70.6 (16.3)	202.2 (31.7)	194.8 (76.0)	4.1 (2.9)	3.0 (1.2)
MC	98.0 (17.4)	197.8 (28.0)	163.6 (53.6)	3.6 (0.7)	2.8 (1.1)
VL	76.3 (10.6)	163.6 (26.4)	110.9 (35.3)	2.5 (1.1)	2.7 (1.1)
VC	149.2 (30.6)	173.6 (32.6)	110.5 (32.0)	2.7 (0.8)	2.6 (1.2)
Promedio	97.7	173.1	130.7	3.0	2.7

* Fibras en relación con la madurez de la hoja y la sección de la misma: JL=Jóven-lateral; JC=Jóven-central; ML=Madura-lateral; MC=Madura-central; VL=Vieja-lateral; VC=Vieja-central

** Evaluación del color en escala ordinal de Küppers, 2002; el valor 1.0 corresponde al color más claro, el valor de 6.0 corresponde al color más oscuro.

4.2.2. Comparación del ixtle entre dos especies

Sección de la penca

Las fibras laterales, del margen de las hojas, de *A. salmiana*, tienen una longitud mayor que las de *A. mapisaga* ($p < 0.05$), y lo contrario sucedió con las fibras centrales ($p < 0.05$). En el caso del grosor, las fibras laterales y centrales de *A. mapisaga* resultaron más gruesas ($p < 0.05$) que las fibras de *A. salmiana*.

Por otro lado las fibras laterales de *A. mapisaga* tienen una densidad lineal mayor ($p < 0.05$) que las de *A. salmiana*, sin embargo, las fibras centrales tienen una densidad lineal similar ($p > 0.5$) en ambas especies. Lo contrario ocurre en la resistencia, pues las fibras laterales de ambas especies tienen una resistencia similar ($p < 0.05$), pero la fibra de *A. salmiana* es más resistente que la de *A. mapisaga* en la sección central. En cuanto al color, las fibras de *A. mapisaga* en ambas secciones, están más cercanas al blanco ($p < 0.05$) que las fibras de *A. salmiana* (Tabla 13).

Tabla 13. Características físicas de las fibras laterales y centrales de dos especies de *Agave* de la región de Ixmiquilpan, Hgo.

Variable	<i>A. salmiana</i>	<i>A. mapisaga</i>
Longitud (cm)		
Lateral	88.0 a	77.6 b
Central	107.7 b	117.2 a
Grosor (μm)		
Lateral	129 b	172 a
Central	137 b	173 a
Densidad lineal (dtex)		
Lateral	101.6 b	133.2 a
Central	135.6 a	128.9 a
Resistencia (N)		
Lateral	3.8 a	3.2 a
Central	4.0 a	2.7 b
Color *		
Lateral	3.5 a	2.9 b
Central	2.9 a	2.5 b

Medias con literales diferentes en la misma fila, son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

* Evaluación del color en escala ordinal de Küppers, 2002; el valor 1.0 corresponde al color más claro, el valor de 6.0 corresponde al color más oscuro.

Madurez de la penca

La longitud del ixtle del cogollo, o de pencas jóvenes de *Agave salmiana* fue menor que el de *A. mapisaga* ($p < 0.05$), mientras que la longitud de fibra en las pencas maduras de ambas especies es semejante ($p > 0.05$), y las fibras de las pencas viejas de *A. mapisaga* son más cortas ($p < 0.05$) que las equivalentes de *A. salmiana*. En cuanto al grosor de las fibras de las pencas jóvenes y maduras de *Agave mapisaga*, resultaron más gruesas ($p < 0.05$) en

comparación con las fibras de *A. salmiana* en los mismos niveles de madurez de las pencas. Sin embargo, las fibras de las pencas viejas de ambas especies son semejantes ($p>0.05$).

La densidad lineal de la fibra de *Agave mapisaga* es mayor a la de la fibra de *A. salmiana* en las pencas jóvenes y maduras ($p<0.05$); lo opuesto ocurre en las pencas viejas, pues el ixtle de *A. salmiana* tiene mayor densidad ($p<0.05$) que el de *A. mapisaga*.

Por otro lado, la resistencia de la fibra de ambas especies es semejante ($p>0.05$) en las pencas jóvenes y maduras. En contraste, la fibra de las pencas viejas de *Agave salmiana* tiene mayor resistencia ($p<0.05$) que la fibra de *A. mapisaga* del mismo grado de madurez. El color de las fibras de *A. mapisaga* en las pencas jóvenes y viejas están más cercanas al blanco ($p<0.05$) que las equivalentes de *A. salmiana*, sin embargo, las fibras de las pencas maduras resultaron con la misma coloración ($p>0.05$) en ambas especies (Tabla 14).

Tabla 14. Características físicas de las fibras en tres niveles de madurez de las pencas de dos especies de *Agave* de la región de Ixmiquilpan, Hgo.

Variable	<i>A. salmiana</i>	<i>A. mapisaga</i>
Longitud (cm)		
Jóvenes	72.8 a	96.0 b
Maduras	84.3 a	85.6 a
Vieja	135.1 a	112.7 b
Grosor (μm)		
Jóvenes	102 b	150 a
Maduras	135 b	200 a
Vieja	161 a	168 a
Densidad lineal (dtex)		
Jóvenes	75.7 b	102.2 a
Maduras	94.1 b	179.2 a
Vieja	186.0 a	110.7 b
Resistencia (N)		
Jóvenes	2.9 a	2.6 a
Maduras	3.2 a	3.8 a
Vieja	5.0 a	2.5 b
Color *		
Jóvenes	3.5 a	2.5 b
Maduras	2.8 a	2.9 a
Vieja	3.3 a	2.7 b

Medias con literales diferentes en la misma fila, son estadísticamente diferentes ($p<0.05$)

* Evaluación del color en escala ordinal de Küppers, 2002; el valor 1.0 corresponde al color más claro, el valor de 6.0 corresponde al color más oscuro.

Tratamientos del ixtle

El tratamiento del ixtle no influyó en la longitud, grosor, densidad lineal y resistencia, sin embargo, en cuanto al color, se observa que las fibras naturales y lavadas de *Agave mapisaga* son más cercanas al blanco ($p>0.05$) que las equivalentes de *A. salmiana* (Tabla 15).

Tabla 15. Color de la fibra de dos especies de *Agave* de la región de Ixmiquilpan, Hgo., con dos tratamientos del ixtle.

Variable	<i>A. salmiana</i>	<i>A. mapisaga</i>
Color *		
Natural	3.9 a	3.5 b
Lavado	2.5 a	1.8 b

Medias con literales diferentes en la misma fila, son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

*Evaluación del color en escala ordinal de Küppers, 2002; el valor 1.0 corresponde al color más claro, el valor de 6.0 corresponde al color más oscuro.

4.2.3. Comparación del ixtle de *Xa'mni* (*Agave salmiana*) en las cuatro comunidades de estudio

Fibras de las secciones lateral y central de la penca

Las fibras de la sección lateral de la variante *Xa'mni* tienen una longitud semejante ($p > 0.05$) en las cuatro comunidades de estudio; sin embargo, las fibras centrales de *Xa'mni* de las comunidades de Pozuelos y El Dadho son más largas ($p < 0.05$) que las de Santa Ana Batha. A su vez, las fibras de San Andrés Daboxtha son similares a las de El Dadho ($p > 0.05$).

Las fibras de la sección central de la variante *Xa'mni* de Pozuelos, El Dadho y Santa Ana Batha tienen un grosor similar ($p > 0.05$), y aunque las fibras laterales de Pozuelos que son más gruesas que las de Santa Ana Batha ($p < 0.05$), todas tienen mayor grosor que las de San Andrés Daboxtha ($p < 0.05$).

Las fibras laterales y centrales de El Dadho y Pozuelos tienen mayor densidad lineal ($p < 0.05$) que las de Santa Ana Batha, y éstas a su vez, mayor densidad lineal que las de San Andrés Daboxtha.

En cuanto al color, las fibras laterales y centrales de San Andrés Daboxtha son las más cercanas al blanco ($p < 0.05$) en comparación a las de El Dadho, Pozuelos y Santa Ana Batha (

Tabla 16).

Tabla 16. Características físicas de las fibras laterales y centrales de la variante *Xa'mni* (*Agave salmiana*) en cuatro comunidades del Valle del Mezquital, Hgo

Variable	Dadho	Pozuelos	Santa Ana Batha	San Andrés Daboxtha
Longitud (cm)				
Lateral	76.6 a	76.5 a	80.4 a	88.0 a
Central	116.9 ab	128.5 a	98.1 c	107.7 b c

Variable	Dadho	Pozuelos	Santa Ana Batha	San Andrés Daboxtha
Grosor (μm)				
Lateral	185.1 ab	194.1 a	172.4 b	129.3 c
Central	183.0 a	185.5 a	185.5 a	137.1 b
Densidad lineal (dtex)				
Lateral	226.3 a	248.7 a	171.7 b	101.6 c
Central	222.7 a	204.9 ab	175.3 b	135.6 c
Resistencia (N)				
Lateral	5.1 a	5.0 a	3.9 a	3.4 a
Central	6.3 a	5.1 a	3.4 a	4.0 a
Color *				
Lateral	4.3 a	3.8 a	3.7 a	2.4 b
Central	4.3 a	3.2 b	3.6 a b	2.4 c

Medias con literales diferentes en la misma fila, son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

* Evaluación del color en escala ordinal de Küppers, 2002; el valor 1.0 corresponde al color más claro, el valor de 6.0 corresponde al color más oscuro.

Madurez de la penca

La longitud del ixtle del cogollo de la variante *Xa'mni* es mayor ($p < 0.05$) en las comunidades de El Dadho y Pozuelos, en comparación con la fibra de Santa Ana Batha y San Andrés Daboxtha; la longitud de la fibra de las pencas maduras es semejante en casi todas las comunidades ($p < 0.05$), excepto en la comunidad de Santa Ana Batha donde la longitud de fibra es mayor que en El Dadho ($p < 0.05$); el ixtle de pencas viejas de las comunidades de El Dadho y San Andrés es mayor a la de Pozuelos.

El grosor de la fibra *Xa'mni* de San Andrés Daboxtha es menor ($p < 0.05$) comparado con las otras comunidades en los tres niveles de madurez de la penca, excepto la fibra de pencas viejas, donde el grosor es similar ($p > 0.05$) a la de El Dadho.

La densidad lineal de las fibras jóvenes y maduras \neq de *Xa'mni* en Dadho, Pozuelos y Santa Ana Batha es similar entre sí, excepto la de pencas maduras de Santa Ana Batha, que es menor ($p < 0.05$), y todas estas tienen mayor densidad lineal ($p < 0.05$) en comparación con la fibra de San Andrés Daboxtha; en las pencas viejas, las fibras de todas las comunidades presentan densidad lineal semejante ($p > 0.05$).

La resistencia de las fibras de las pencas jóvenes y viejas son semejantes en las cuatro comunidades ($p > 0.05$); sin embargo, en las pencas maduras, la resistencia únicamente es similar ($p > 0.05$) en las fibras de El Dadho y Pozuelos, y es mayor ($p < 0.05$) a la de Pozuelos y a la de San Andrés Daboxtha, que tiene la menor resistencia de todas.

Respecto al color, el ixtle de San Andrés Daboxtha de los tres niveles de madurez de penca, es más cercano al blanco ($p < 0.05$) que el de las otras comunidades (Tabla 17).

Tabla 17. Características físicas de las fibras en tres niveles de madurez de las pencas de la variante *Xa'mni* (*Agave salmiana*) en cuatro comunidades del Valle del Mezquital, Hgo.

Variable	Dadho	Pozuelos	Santa Ana Batha	San Andrés Daboxtha
Longitud (cm)				
Jóvenes	109.8 a	116.6 a	80.5 b	72.8 b
Maduras	75.2 b	89.4 a b	97.9 a	85.6 a b
Vieja	124.8 a	101.5 b	N/A	135.1 a
Grosor (μm)				
Jóvenes	152.7 b	181.5 a	175.8 a b	102.5 c
Maduras	204.8 a	204.4 a	182.1 b	135.9 c
Vieja	175.2 a b	183.6 a	N/A	161.1 b
Densidad lineal (dtex)				
Jóvenes	183.1 a	190.3 a	171.0 a	75.6 b
Maduras	270.6 a	274.0 a	175.9 b	94.1 c
Vieja	176.0 a	216.2 a	N/A	186.0 a
Resistencia (N)				
Jóvenes	3.9 a	4.7 a	3.9 a	2.7 a
Maduras	5.2 a b	6.6 a	4.1 b c	2.5 c
Vieja	5.3 a	4.2 a	N/A	5.4 a
Color *				
Jóvenes	4.2 a	3.2 b	3.4 b	2.2 c
Maduras	4.2 a	3.8 a	3.8 a	2.3 b
Vieja	3.8 a	3.6 a	N/A	2.6 b

Medias con literales diferentes en la misma fila, son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

* Evaluación del color en escala ordinal de Küppers, 2002; el valor 1.0 corresponde al color más claro, el valor de 6.0 corresponde al color más oscuro.

N/A: las muestras en el nivel de penca vieja no se pudieron adquirir.

Tratamientos del ixtle

El color en las fibras al natural de *Xa'mni* es semejante en las comunidades de El Dadho, Pozuelos y Santa Ana Batha ($p > 0.05$), pero diferente ($p < 0.05$) al de la fibra de San Andrés Daboxtha, que es más cercana al blanco; lo mismo ocurre con el ixtle lavado, excepto por que la fibras de el Dadho tienen un nivel más alto ($p < 0.05$) en comparación al de las otras comunidades (Tabla 18).

Tabla 18. Color de la fibra de la variante *Xa'mni* (*Agave salmiana*) con dos tratamientos del ixtle en en=cuatro comunidades del Valle del Mezquital, Hgo

Variable	Dadho	Pozuelos	Santa Ana Batha	San Andrés Daboxtha
Color *				
Natural	4.5 a	4.1 a	4.1 a	3.3 b
Lavado	3.8 a	2.9 b	3.1 b	1.5 c

Medias con literales diferentes en la misma fila, son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

*Evaluación del color en escala ordinal de Küppers, 2002; el valor 1.0 corresponde al color más claro, el valor de 6.0 corresponde al color más oscuro.

4.2.4. Comparación del ixtle del cogollo en cuatro variantes

Las cuatro variantes son: *Ma'ye* (*A. mapisaga*), *It'ui* (*A. salmiana* spp. *crassispina*), *Xa'mni* y Chino cenizo (*A. salmiana* var. *salmiana*).

Sección de la penca

La mayor longitud de fibra lateral y central es la de la variante *Ma'ye*, en comparación con las demás variantes ($p < 0.05$); la longitud del ixtle lateral y central de *It'ui* y *Xa'mni* es similar ($p > 0.05$) entre sí, pero mayor ($p < 0.05$) a la de Chino cenizo.

El grosor de la fibra lateral de *It'ui* y *Ma'ye* es semejante ($p > 0.05$) y mayor al de la fibra de Chino cenizo y *Xa'mni* ($p < 0.05$), que también son similares entre sí ($p > 0.05$); el grosor de la fibra central es mayor en la fibra de *It'ui* que en todas las demás ($p < 0.05$) y el menor también corresponde al de Chino cenizo y *Xa'mni*.

Por otro lado, la densidad lineal de la fibra lateral es semejante en las cuatro variantes ($p > 0.05$); en la fibra central la densidad lineal del ixtle de *It'ui* y *Ma'ye* es similar entre sí ($p > 0.05$), pero mayor a la de Chino cenizo y *Xa'mni* ($p < 0.05$), que a su vez, es semejante ($p > 0.05$).

La resistencia de las fibras laterales de *It'ui*, *Ma'ye* y *Xa'mni* es semejante ($p > 0.05$) entre ellas, y mayor ($p < 0.05$) a la de Chino cenizo; lo mismo pasa en la fibra central, sin embargo, la resistencia de *Ma'ye* es similar ($p > 0.05$) a la de Chino cenizo.

Por último, el color de las fibras laterales y centrales de *Ma'ye* y *Xa'mni* es similar entre sí ($p > 0.05$), y más cercano al blanco ($p < 0.05$) que las fibras equivalentes de Chino cenizo e *It'ui*, que a su vez, es similar ($p > 0.05$) entre ellas (Tabla 19).

Tabla 19. Características físicas de las fibras laterales y centrales del cogollo de cuatro variantes: *Ma'ye* (*A. mapisaga*), *It'ui* (*A. salmiana* spp. *crassispina*), *Xa'mni* y Chino cenizo (*A. salmiana* var, *salmiana*) de la región de Ixmiquilpan, Hgo.

Variable	Chino cenizo	<i>It'ui</i>	<i>Ma'ye</i>	<i>Xa'mni</i>
Longitud (cm)				
Lateral	20.1 c	81.7 b	108.1 a	79.6 b
Central	47.0 c	111.8 b	128.1 a	110.3 b
Grosor (μm)				
Lateral	161.4 b	206.4 a	200.7 a	148.3 b
Central	161.4 c	233.5 a	199.4 b	155.7 c
Densidad lineal (dtex)				
Lateral	151.5 a	166.0 a	169.9 a	157.0 a
Central	129.4 b	185.0 a	189.1 a	149.0 b
Resistencia (N)				
Lateral	1.6 b	3.6 a	4.0 a	3.5 a
Central	1.6 b	3.9 a	3.2 ab	4.5 a
Color *				
Lateral	4.8 a	5.1 a	3.8 b	3.2 b
Central	4.6 a	4.1 a	3.0 a	3.2 b

Medias con literales diferentes en la misma fila, son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

*Evaluación del color en escala ordinal de Küppers, 2002; el valor 1.0 corresponde al color más claro, el valor de 6.0 corresponde al color más oscuro.

DISCUSIÓN



Santhe teñido
Fotografía: Alicia Reyes Samilpa

5. Discusión

5.1. Exploración etnobotánica

5.1.1. Especies y variantes utilizadas para obtención de ixtle

Reyes-Agüero *et al.* (enviado) afirmaron que, según sus informantes, todas las variantes de maguey se pueden utilizar prácticamente para cualquiera de los usos registrados, sin embargo, la preferencia por algunas variantes para ciertos usos y su disponibilidad hace la diferencia. En efecto, en lo que se refiere a la obtención del ixtle, de las 21 variantes de *Agave* de la sección *Salmianae* que registraron Mora *et al.* (2011) en el Valle del Mezquital, potencialmente todas pueden ser usadas para extraer fibra, pero en el presente estudio se registró que sólo se usa el 38.0 % de esa riqueza para la obtención de fibras, es decir, ocho variantes. La preferencia por ciertas variantes de maguey para extraer fibra es porque las pencas son fáciles para tallar, la fibra no se troza o corta durante el tallado y el ixtle que se obtiene es abundante y de buena calidad.

De las variantes de maguey, la más extensamente usada para extraer fibra es *Xa'mni* de *Agave salmiana* var. *salmiana*. Reyes-Agüero *et al.* (enviado) encontraron que esta variante es frecuente en comunidades indígenas y mestizas de los estados de Tlaxcala, México e Hidalgo, muy apreciada por sus múltiples usos (nueve de las 16 categorías de uso registradas por esos autores) y por sus rendimientos de aguamiel (8 a 10 L al día por planta). La variante *Xa'mni* estuvo presente en las cuatro comunidades de estudio para la extracción de fibra; de acuerdo con los informantes, esta variante se adapta muy bien en ambientes de secano, como sucede en Pozuelos y San Andrés Daboxtha, comunidades del Valle Alto del Mezquital, y también en ambientes con suelos más húmedos, como en las localidades con sistemas de riego, como en Dadho y Santa Ana Batha, localizados en la parte baja del Valle. Todo indica que la introducción de sistemas de riego en la parte baja del Valle del Mezquital, donde se encuentran estas dos comunidades, provocaron la desaparición de algunas de las variantes de maguey, por su sensibilidad a la hidratación excesiva (Martínez-Asaad y Samiento, 1991; Moreno *et al.*, 2006). La preferencia por *Xa'mni*, junto con *Ma'ye* o Penca larga (*A. mapisaga*) para la extracción de ixtle también fue registrada por Guerrero (1983), Rangel (1987) y Ruschel (2013). Según estos autores, la preferencia se debe a que ambas variantes producen mayor cantidad de fibra, que es larga (97.8 cm promedio para ambas variantes), gruesa (133.2 μm promedio para *Xa'mni* y 173.1 μm promedio para *Ma'ye*), resistente (con un promedio de 3.7 N y 3.0 N respectivamente), y duradera.

Sin embargo, aunque en las comunidades del Valle Alto del Mezquital se encontró mayor riqueza de variantes de *Agave salmiana*, son las comunidades de la parte baja del Valle, con sistemas de riego, las que consideran la extracción y transformación del ixtle de maguey como una actividad económica importante. Esto puede deberse a que el municipio de Cardonal, al igual que otros municipios del Valle Alto, tienen un índice alto de marginación social, así como condiciones topográficas, edáficas y climáticas que limitan la producción a cosechas de secano, por lo que diversifican sus actividades con la práctica de ganadería caprina y la recolección y caza para complementar los ingresos económicos (Landa y Neri,

2002). Otra posible explicación es que para las comunidades del Valle Alto la producción de aguamiel para elaborar pulque y jarabe de maguey es más importante que la obtención de ixtle y su transformación en ayates.

Como se explicó en el apartado de resultados, el maguey que se va a utilizar para extraer fibra, puede o no pertenecer al tallador, en el segundo caso, se realiza un acuerdo con el dueño de la planta, para comprar la planta o las pencas con dinero, o pagando con manojos de ixtle o con ixtle hilado (*santhe*). Estas mismas transacciones las documentaron Medina y Quezada (1975) para el aprovechamiento de los magueyes cultivados para extracción de ixtle y aguamiel en el Valle del Mezquital.

5.1.2. Selección y desprendimiento de pencas

En las comunidades San Andrés Daboxtha, Santa Ana Batha y Pozuelos es más común el aprovechamiento de las pencas más jóvenes del cogollo del maguey. Estas pencas se obtienen durante el proceso del capado para preparar a la planta y posteriormente obtener aguamiel de ella; una vez que la planta ha finalizado la producción del aguamiel, después de unos tres a seis meses, se suelen aprovechar las pencas ubicadas en la inmediación del cajete, hojas de edad intermedia, y rara vez se usan las hojas más viejas, las hojas basales, para extraer ixtle.

Para la selección de las pencas en dependencia de su grado de madurez, distintos autores (Guerrero, 1983; Rangel, 1987; Parsons & Parsons, 1990; Ruschel, 2013) coinciden en que los talladores prefieren las hojas más jóvenes, las del cogollo, principalmente por dos motivos: 1) se aprovechan cuando se capa a los magueyes; y 2) las fibras que se obtienen de estas pencas son más blancas y finas en comparación con las fibras extraídas de pencas con mayor madurez, pues son más gruesas y con un color amarillento o más alejado del blanco. Rangel (1987) también registró que el proceso de corte de las pencas para extraer fibra se realiza en la etapa inicial (las del cogollo) y final de la producción de aguamiel (las hojas de edad madura), esto último para evitar perjudicar a las plantas. Por otro lado, como se señaló en los resultados, al comparar las fibras del cogollo con las que se obtienen de pencas viejas, efectivamente son más finas que las primeras (con promedios de 126.6 μm y 164.9 μm respectivamente) y más blancas (con un valor de 2.4 para las fibras del cogollo y 2.7 para las fibras de pencas viejas, en la escala Küppers).

En contraste, el proceso de corte de pencas viejas, llamado podado, que se observó en la comunidad de Dadho, es similar al que se realiza para la extracción de las fibras de sisal y henequén, *Agave sisalana* y *A. fourcroydes*, respectivamente. En el caso de estas especies, la planta se empieza a podar después de 6 a 7 años de haber sido plantada, se cortan las hojas basales que aún están verdes, y se procura que a la planta le queden de 12 a 18 hojas, la poda se puede hacer varias veces al año, durante varios años, después, una vez que se deja de podar, la planta florece y muere (Erdhart *et al.*, 1980); en el caso de Dadho el proceso es menos intenso, las plantas se empiezan a podar después de tres o cuatro años de haber sido plantadas, se obtienen unas 10 a 12 hojas por año y se aprovecha durante cuatro a cinco años,

después de ese tiempo la planta puede ser aprovechada para producir aguamiel (previo proceso de capado) o se le permite florecer para que la planta posteriormente muera.

Otra opción es como en San Andrés Daboxtha, en donde una vez que se aprovechó la la planta de maguey para obtener aguamiel e ixtle, las pencas más viejas se cortan en trozos pequeños, de unos 10 cm de lado, para proporcionarlas como forraje al ganado ovino y caprino; usar las pencas como forraje, si bien no genera ganancia de peso en los animales, al menos permite que el ganado se mantenga alimentado (Pinos *et al.*, 2006), además se puede producir un ensilaje complementado con fuentes ricas en proteínas como la alfalfa o la vaina de mezquite, para obtener un alimento de buena calidad nutritiva para el ganado (Álvarez *et al.*, 2015).

En el caso de El Dadho, las pencas viejas sí se aprovechan para fibra, pero para trabajarlas, las pasan por el proceso de cocción o asado que ablanda las hojas; al parecer, en este tipo de pencas ablandadas hay un cambio en su sabor o su textura que no es del gusto de los animales, por lo que los residuos de estas pencas talladas, o bagazo, son apilados en montículos para su posterior descomposición. Un caso similar sucede con el bagazo de las pencas de henequén, que se esparce en suelos dedicados a la producción hortícola como fuente de materia orgánica después de su fermentación, aunque en este caso sí se utilizan para la alimentación de ganado lechero (Robles, 1991).

5.1.3. Acondicionamiento de pencas previo al tallado

El proceso de asado y cocción de las pencas viejas, observado en la comunidad de Dadho, además de ablandar las pencas para facilitar la extracción de las fibras durante el proceso del tallado, disminuye también el contenido de *gixe*. Como se mencionó en la descripción de las características botánicas de las pencas de maguey, el *gixe* o jugo de las pencas contiene rafidios y saponinas que se liberan durante la manipulación de la hoja, lo que genera una irritación en la piel (Silva, 2010); sin embargo, cuando las pencas se someten a tratamientos térmicos, como la cocción y el asado o a fermentación (como en la preparación para ensilaje), el contenido o la irritabilidad de estas sustancias disminuye (Zamora *et al.*, 2010; Pinos *et al.*, 2008).

Hay otras comunidades del Valle del Mezquital, como en El Deca y en San Miguel Tlazintla, donde se practicaban procesos de asado y fermentación en las pencas del cogollo para facilitar el tallado, aunque en la actualidad, de acuerdo con Ruschel (2013), esta práctica casi ha desaparecido. Una variante interesante a lo que se registró en el Dadho (donde las pencas asadas se dejan reposar unos tres días cubiertas con una cobija gruesa, en un lugar donde llegue la luz del sol directamente), fue la de Ruschel (2013), quien registró en otras comunidades, que las pencas viejas se doblan en tres partes, se colocan en hoyos en el suelo, se humedecen, y se cubren con tierra y pedazos de pencas crudas para someterlas a un proceso de fermentación. También Mastache (citado por Perdigón, 2008) describió esta misma técnica en la población *hñähñu* de Tasquillo, Hgo. Por su parte, Rangel (1987) registró otra variante del proceso, en la que las pencas asadas se colocan en una cavidad rectangular que contiene un poco de agua. Esta cavidad se cubre con piedras calizas y se deja en reposo

durante aproximadamente una semana. Durante este periodo, se riega con un poco más de agua para, según el autor, favorecer el proceso de fermentación. Sin embargo, durante el trabajo de campo, en ninguna de las comunidades en las que se trabajó se identificó esta variante de manejo.

Por otro lado, aunque no hay registros de la aplicación del proceso de hidrólisis descrito por Macedo (1950), se puede considerar como una variante experimental para estos procesos de fermentación por humedad para la eliminación de tejidos parenquimatosos previos al tallado.

Como se vio en los resultados, el tratamiento de asado y cocido de pencas influye no solo en la coloración de las fibras (que son más oscuras a las de fibras de penca cruda), sino también en el grosor, que es mayor, pero además se identificó que el ixtle también tiene mayor resistencia, pues el que se extrajo de pencas asadas y cocidas tiene un promedio de 5.7 N, mientras que el promedio de las fibras de pencas crudas es de 3.3N.

5.1.4. El tallado o proceso de obtención del ixtle

La descripción sobre el proceso de obtención de fibra de magueyes en el cerro, llamado *nk'u'ti* o *k'u'ti*, se menciona de manera escasa y breve en el trabajo de Ruschel (2013) pero otros autores que se han interesado por el uso del maguey entre los *hñähñu* (Rangel, 1987; Ramsay, 2004; Parsons & Parsons, 1990; Reyes-Agüero *et al.*, enviado) ni siquiera mencionan el proceso. Macedo (1950), sin llamarla por ese nombre, la menciona y describe que antes de la operación de tallado sobre el tablón, las pencas se cortan muy cerca del tallo y de ellas se forman haces que se golpean con palos sobre una piedra. Con esto se puede inferir que de alguna manera, para extraer estos haces, se realiza un proceso semejante al halado de listones de fibra, como el de *nk'u'ti*. Otro caso es el de Cedral, San Luis Potosí, donde se usa una técnica similar para halar fibra de las pencas del cogollo de la lechuguilla (Chillián, 2013), sin embargo la descripción también es breve y no se le designa ningún término en particular. Por último, para la obtención del *xixi* que son meramente los listones de fibra con parénquima, también es necesaria una operación parecida a la del *nk'u'ti* (Ramsay, 2004).

En general, para la extracción de las fibras foliares, lo común es el descortezado de la hoja a través de un proceso de tallado. En fibras de *Agave sisalana* y *A. fourcroydes* el proceso es industrial, con grandes máquinas desfibradoras (Erdhart *et al.*, 1980; Maiti, 1995; FAO, 2014). La fibra que se obtiene del *A. lechuguilla* se obtiene por medios manuales y con pequeñas máquinas, algunas de construcción casera (Reyes-Agüero *et al.*, 2000; Mayorga *et al.*, 2004). Lo anterior contrasta con la extracción del ixtle de *A. mapisaga* y de *A. salmiana* en el Valle del Mezquital, que siempre es manual. Otra fibra que se extrae manualmente es la del zapupe (*Agave angustifolia*), que se aprovecha entre los *mayo* del noroeste de México y entre los *tenek* de Tampamolón Corona, San Luis Potosí. El proceso es muy similar a lo que se registró en el Valle del Mezquital. Las diferencias se encuentran en el tablón de mezquite (*jongí* en *hñähñu*) y en la mano (*nthexi*), pues los *mayo* en lugar del tablón usan un trípode, también de madera, pero con la pata apical más larga que las otras, y recibe el nombre

de burro; y en lugar del *nthexi* que se usa en el Valle del Mezquital, las hojas se tallan con un cuchillo simple. En el caso de los *tenek*, se utiliza un tablón similar al utilizado por los *hñähñu* en el Valle del Mezquital, y el instrumento con el que se talla también es una rama de madera, aunque es de forma recta y no tiene el tramo de lámina metálica con filo romo; en lugar de esto, en la parte media del instrumento se hacen unos cortes rectos para formar un bajo relieve rectangular y son las aristas de este con las que se talla la penca (Yetman & Van Devender, 2002; Xanvil, 2010).

5.1.5. Tratamientos del ixtle

Los productos textiles poseen, en principio, las propiedades de las materias primas de los que están hechos. Estas propiedades se pueden mejorar o disfrazar, si es esa la intención, mediante varios procedimientos de acabado (Erdhart *et al.*, 1980). Así, los tratamientos de lavado a los que se somete el ixtle en las comunidades *hñähñu*, tienen como finalidad el mejoramiento de la calidad de la fibra, principalmente para suavizarla y que adquiera tonalidades más claras, cercanas al blanco. El cardado es otro tratamiento que se le da al ixtle, principalmente para eliminar residuos parenquimatosos secos y de fibras que en el proceso de tallado se cortaron, para así obtener una fibra más limpia y uniforme que facilite su hilado.

5.1.6. Técnicas de cardado del ixtle

La técnica tradicional de cardado principalmente para las fibras de ixtle y de lechuguilla se remonta al uso prehispánico de biznagas (*Echinocactus* spp.) (Mayorga *et al.*, 2004). De acuerdo con los informantes del valle del Mezquital, esta técnica aprovecha las dimensiones generales de las biznagas de cerro o *däxpe* (*Echinocactus platyacanthus*), que miden de 70.0 a 80.0 cm de alto y 60.0 a 70.0 cm de diámetro con espinas dispuestas en aréolas (el punto desde donde emergen las espinas en las cactáceas) con una distancia entre ellas de 1.0 a 3.0 cm; las espinas son grandes y en diferentes posiciones, las radiales de 3.0 a 4.0 cm de longitud, las centrales y erectas de entre 5.0 y 10.0 cm de longitud y gruesas (subuladas, es decir estrechas en el ápice y más o menos aplanadas y anchas en la base), y estriadas transversalmente (Bravo y Sánchez-Mejorada, 1991). Todo indica que estas características morfológicas hacen ideal a la biznaga de cerro para el proceso de cardado. Rangel (1987) registró que algún tallador untaba cera o parafina de veladora en el manojito de ixtle que está cardando. Así, la fibra se desliza con más facilidad entre las espinas del *däxpe* y el tallador, al aplicar menos fuerza, evita cortar o herir sus manos. Sin embargo, no se menciona si el contenido de cera es posteriormente eliminado o si tiene algún efecto en el hilado. El uso de cera ya no se registró en ninguno de los sitios en los que se trabajó.

Cuando el tallador no tiene acceso a las biznagas de cerro, utiliza una tabla con clavos, que sustituyen la función de las espinas de la biznaga. Éste fenómeno también fue documentado por Ruschel (2013). Pero se carecen de estudios de comparación entre ambas técnicas de cardado.

5.1.7. Técnica de hilado

Las fibras de ixtle de *Agave salmiana* y *A. mapisaga* son hiladas para elaborar tejidos suaves y flexibles en comparación con los elaborados con fibras de otras especies de *Agave* como el sisal, el henequén o la lechuguilla, pues con estas fibras los elementos torcidos que se elaboran resultan más gruesos y rústicos que un hilo, es decir cuerdas y cordeles (Simpson & Conner, 1995; FAO, 2014; Maiti, 1995; Dewey, 1941; Sánchez-Potes, 1990).

Se sabe que la fibra de zapupe también se hila en malacate o huso manual. La diferencia consiste en que el hilo de *A. angustifolia* se tuerce consigo mismo para generar un hilo doble, y a partir de este, se elaboran los morrales típicos de la cultura *mayo* del noroeste de México (Yetman & Van Devender, 2002). Los hilos de ixtle de maguey son sencillos, los más finos están conformados por tres filamentos, los más gruesos pueden llegar a tener 12 o 15 filamentos, ambos son de resistencia reducida, pues de acuerdo con Esparza (1988), cuando se desean hilos con mayor fuerza, se reúnen varios hilos por medio de una torsión, obteniéndose una superficie más regular. A este conjunto de hilos se le llama cabo; cuando los hilos se forman por un solo grupo de fibras, se dice que están formados por un solo cabo; cuando se emplean dos o más grupos de fibras torcidas, el hilo está formado por dos o más cabos (Velasco, 1995). Así, lo que se registró en el Valle del Mezquital es la preparación de hilos con un sólo cabo.

Existen diferentes técnicas de hilado, utilizadas en las culturas mesoamericanas y para materiales diversos (Velasco, 1995):

- a) hilado por torsión con los dedos (para la elaboración de cuerdas de fibra de *Brahea dulcis* o fibra de palma)
- b) con la palma de la mano sobre una superficie plana
- c) con la palma de la mano sobre el muslo o pierna
- d) sobre una vasija de barro u olla (método utilizado en Oaxaca para hilar la fibra de *chichicaztli*, que se obtiene de los tallos de *Morus celtidifolia*).
- e) con malacate (para obtener hilos finos y uniformes)

La modalidad del huso mesoamericano o malacate procede de la época prehispánica para trabajar las fibras de algodón, ixtle de maguey e izote. Era una actividad llevada a cabo generalmente por mujeres, pues los hombres elaboraban cuerdas con los métodos de hilado por torsión con los dedos y con la palma de la mano sobre el muslo, para obtener productos más resistentes (Velasco, 1995). En la actualidad mujeres y hombres *hñähñu* del Valle del Mezquital dedicados a la hilatura de ixtle de maguey utilizan de manera exclusiva la técnica de hilado con malacate, practicándola sentados, parados e incluso caminando.

5.1.8. Tejido del ixtle

De acuerdo con Erdhart *et al.* (1980), la confección de un tejido exige distintas propiedades de las fibras, independientemente de su origen, es decir, que para obtener un tejido ligero y fresco se recurren a fibras naturales como el algodón o el lino, para tejidos que más bien conserven el calor o abriguen, se emplea la lana. Así, en el caso de tejidos como el ayate o

los morrales con ixtle de *Agave salmiana* y *A. mapisaga*, se aprovechan las propiedades de longitud y resistencia, con la particularidad de su finura y capacidad de hilado, a diferencia del henequén, la lechuguilla y el sisal.

Prueba de ello, es este ejemplar de la bandera nacional elaborada con ixtle de maguey en telar de cintura; las piezas laterales están teñidas con anilinas de color verde y rojo, y la pieza central es de fibra natural con decoraciones bordadas.



Figura 44. Bandera *hñähñu*/otomí. El uso de la bandera fue integrado en la vida ceremonial de los pueblos otomíes en los primeros años del siglo XX como un emblema de identidad (INAH-MNA, 2016).

El ayate es la pieza representativa de la cultura *hñähñu*. De acuerdo con la descripción de Velasco (1995), las principales características de las piezas encontradas en el trabajo de campo son:

- a) Tejido balanceado. Los hilos de la urdimbre y los hilos de la trama se encuentran en proporciones similares, ambos son visibles y el tejido es abierto; la forma de las piezas son cuadradas o rectangulares. El ayate tradicional es de forma cuadrada o rectangular, para que pueda cumplir con las diversas funciones (carga, manto, estera).
- b) Tipos de uniones. Gómez y Sánchez, 2008 describen cinco tipos de uniones para piezas textiles (Figura 45), pero para la conformación de un ayate, es decir, la unión de dos lienzos o *xuni* (Ramsay, 2004; Hernández *et al.*, 2010), la tejedora utiliza por lo general la unión de tipo randa (Figura 46) o tipo zigzag (Figura 47).
- c) Ligamento de tafetán. El ligamento es la técnica de tejido, es decir, la forma como la urdimbre y la trama se entrelazan. Se utiliza un solo hilo de trama que cruza un hilo de urdimbre; los hilos de la urdimbre y de la trama son del mismo grosor y del mismo material (ixtle), excepto en la comunidad de Santa Ana Batha, donde una de las informantes utiliza, en ocasiones, hilo de algodón para la urdimbre del ayate.

Otro tipo de ligamento en el tejido de ayate es el de gasa, el cual consiste en cruzar los hilos impares de la urdimbre sobre los hilos pares, antes de introducir la pasada de la trama, de modo que se forman espacios que a su vez conforman dibujos o figuras distintas (Velasco, 1995). La aplicación de este ligamento fue documentada por Ruschel (2013) en las comunidades de San Antonio Sabanillas, San Miguel Tlasintla y Taxadho.

- d) Bordado. Se realiza con agujas metálicas una vez terminada la pieza, utilizando hilos de ixtle teñido o con estambres sintéticos de colores. Esta técnica se observó en las comunidades de Santa Ana Batha (Figura 46) y San Andrés Daboxtha (Figura 48).

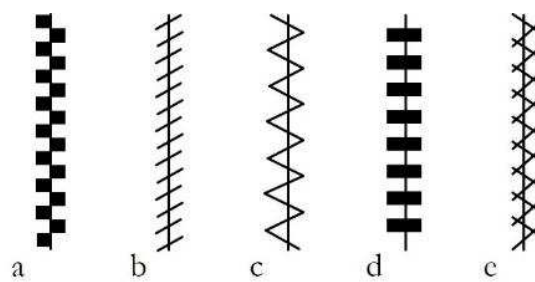


Figura 45. Tipos de uniones textiles: a) randa; b) "A"; c) zigzag; d) relleno; e) pata de gallo (Gómez y Sánchez, 2008)



Figura 46. Ayate grande (100.0 x 100.0 cm) de uso cotidiano, con flores o *doni* bordadas con estambre sintético. Los dos lienzos que conforman el ayate tienen una unión tipo randa con estambre sintético de colores. Elaborado en Santa Ana Batha.



Figura 47. Ayate grande (100.0 x 100.0 cm) de trabajo, sin bordados; unión tipo zigzag con hilo de ixtle o *santhe*. Elaborado en El Dadho.



Figura 48. Bolsa conformada por dos lienzos pequeños (25.0 x 25.0 cm), unión tipo randa; con una rosa o *noxadoni* bordada con ixtle de maguey teñido; asas o tirantes trenzados, de ixtle de maguey teñido y forro interior de manta de algodón. Elaborada en San Andrés Daboxtha.

Telar de cintura o ya'be ga ñbu'ti

Muchos grupos mesoamericanos, indígenas y mestizos han utilizado el telar de cintura para la elaboración de sus textiles (Cruz, 2008). El telar de cintura de los *hñähñu* en el Valle del Mezquital tiene ocho componentes principales y dos auxiliares, mientras que otros telares, como el utilizado por los huicholes, contiene 14 componentes. La diferencia en el número de piezas se debe al tipo de tejido que se obtiene, es decir que para un tejido sencillo, con una única serie de hilos de trama, se utiliza el telar de ocho piezas; para un tejido doble, donde la tela está formada por dos series de hilos de trama, y que por lo general se obtienen dos caras

iguales en diseños, pero invertidos en colores, se utiliza el telar de 14 piezas (Gómez y Sánchez, 2008; Gutiérrez, 2012).

Armado de la urdimbre

El proceso para elaborar la urdimbre consiste en arreglar los hilos en la posición que tendrán en el telar, calculando la longitud y el ancho que tendrá la pieza tejida (Velasco, 1995), para esto es necesario utilizar una urdidiera. Si bien la urdidiera presenta variaciones respecto a la posición y número de elementos que lo componen, la que se utiliza en el Valle del Mezquital tiene similitudes al que utilizan los zoques de Chiapas (Cruz, 2008).

Una actividad que se practica en otros lugares es la del reforzamiento de los hilos de urdimbre para hacerlos más resistentes durante el tejido y facilitar el paso de los hilos de trama. Este tratamiento se puede realizar con dos técnicas diferentes: a) engomado, donde los hilos se someten a un baño de almidón, con agua donde se hirvió nixtamal, y se peinan con una escobetilla de raíz o de ixtle para evitar que los hilos se adhieran unos a otros (Velasco, 1995); y b) almidonado de la urdimbre, donde se bañan los hilos de la urdimbre en una mezcla de masa de maíz con agua, como en el caso de Xochistlahuaca, Guerrero (Gutiérrez, 2012). Ambas técnicas se aplican a los hilos una vez que se terminaron de urdir. En el Valle del Mezquital, ninguna de estas técnicas se utiliza, posiblemente porque los tratamientos previos al hilado que se le dan a la fibra contribuyen a que las propiedades físicas del hilo sean adecuadas para que el tejido sea fácil y resistente.

Tejido con ganchillo o *croché*

La introducción de la técnica de tejido con ganchillo se remonta a la década de los 80 del siglo XX y se impartió en talleres participativos de cooperativas como en “Las mujeres reunidas” (*Yä munt’si be’ñä*) en la localidad de El Alberto o “La flor del Valle” (*Ra doni ra Batha*) en Ixmiquilpan (Martínez-Asaad y Sarmiento, 1991). Esta técnica ahora también se transmite de manera oral y práctica, de las tejedoras que acudieron a los talleres participativos hacia otras tejedoras pertenecientes a su círculo social (familia, amigas o vecinas).

La técnica del tejido con ganchillo permite elaborar piezas de formas diferentes, que en el telar de cintura no se pueden obtener, como piezas circulares, y figuras con diseños complejos, como se mencionó anteriormente (Figura 49).



Figura 49. Bolsa tejida con la técnica de ganchillo (40 x 35 cm); las dos caras de la bolsa están unidas con la misma técnica, las asas están cosidas con el mismo hilo de ixtle de maguey; forro interior de manta de algodón. Adquirida en la tienda La Flor del Valle.

5.2. Análisis estadístico

5.2.1. Comparación del ixtle entre dos especies

La amplitud de longitud promedio de las fibras va de 60.8 cm a 139.8 cm en *A. salmiana*, y de 70.6 cm a 149.2 cm en *A. mapisaga*; estas longitudes son comparables con otras fibras foliares como el henequén, que mide de 60.0 cm a 160.0 cm de largo, y la fibra del sisal con 50.0 cm a 160.0 cm de largo, pero contrastan con la longitud de la fibra de lechuguilla, que aunque también es una fibra de *Agave*, es una planta comparativamente pequeña y la amplitud de longitud de fibra va de 25.0 cm a 60.0 cm (Cordero, 1959; Mayorga *et al.*, 2004; Castillo *et al.*, 2013). Llama la atención que, a pesar de que las hojas de *Agave mapisaga* son en promedio más largas que las equivalentes de *A. salmiana*, las fibras obtenidas de pencas basales de *A. mapisaga* son más cortas. Esto se puede adjudicar a que durante el tallado se dificulta extraer las fibras completas de una penca tan larga, pues se troza en la parte apical (que es más delgada y angosta).

El grosor de las fibras de *Agave salmiana*, comprende una amplitud 102.0 μm a 161.2 μm en promedio, mientras que las fibras de *A. mapisaga* van de 150.6 μm a 200 μm ; esto confirma lo descrito por Dewey (1941) al comparar la finura de estas fibras con el henequén, que tiene de 125.0 μm a 500.0 μm , o las fibras de lechuguilla, que tienen 300.0 μm de grosor (Cordero, 1959; Mayorga *et al.*, 2004; Castillo *et al.*, 2013).

Aunque hay escasa información sobre la densidad lineal de otras fibras vegetales, la densidad lineal de la fibra de *A. salmiana* que oscila entre los 75.6 dtex y 186 dtex, y la de *A. mapisaga* que tiene entre 102.3 dtex y 179.2 dtex, es menos amplia que, por ejemplo, la de la lechuguilla, que va de 50.0 dtex a 2000.0 dtex, de acuerdo con la NMXFF113SCFI2009.

Por otro lado, si se compara la fibra de *A. salmiana* que tiene de 2.8 N a 5.0 N de resistencia, y la de *A. mapisaga* de 2.5 N a 3.8 N, con otras fibras vegetales, se puede deducir que: a) la resistencia se asemeja a la del kenaf, que tiene 2.6 N; b) son más resistentes que el lino (0.2 N), la fibra de la piña (1.7 N) y el yute (1.9 N); y c) tienen menor resistencia que el henequén (8.6 N) o la lechuguilla (alrededor de 10 N) (Cordero, 1959; Mayorga *et al.*, 2004; NMXFF113SCFI2009; Castillo *et al.*, 2013). Cabe destacar que las fibras de las pencas viejas de *A. salmiana* son más resistentes que las equivalentes de *A. mapisaga* (5.0 N y 2.6 N respectivamente), motivo por el cual es posible que la longitud de las fibras de *A. mapisaga* sea más corta a lo esperado.

5.2.2. Comparación del ixtle de *Xa'mni* (*Agave salmiana*) en las comunidades de estudio

De acuerdo con los informantes y con otros autores, las variantes *Xa'mni* (*Agave salmiana*) y Penca larga o *Ma'ye* (*A. mapisaga*) son preferidas para la extracción de ixtle debido a que ambas variantes producen gran cantidad de fibra, que es gruesa, resistente, larga y duradera (Guerrero, 1983; Rangel, 1987; Ruschel, 2013). Pero fue la variante *Xa'mni* la única en común en las cuatro localidades de estudio, por ello se realizó un análisis estadístico particular para esta variante.

La fibra más larga en la sección de la penca es la central de Pozuelos y Dadho, con 128.5 cm y 116.9 cm respectivamente. La fibra más larga de pencas jóvenes es la de El Dadho con 109.8 cm, y Pozuelos con 116.6 cm, y de las pencas viejas de Dadho con 124.8 cm, y la de San Andrés con 135.1 cm.

Las fibras más finas son las de San Andrés Daboxtha, con 129.3 μm en la sección lateral y 137.1 μm en la central; y en los tres niveles de madurez de las pencas, con 102.5 μm en las jóvenes, 135.9 μm en las maduras y 161.1 μm en las viejas.

Las fibras con la menor densidad lineal también son las de San Andrés Daboxtha, con 101.6 dtex en la sección lateral y 135.6 dtex en la sección central; y las fibras jóvenes con 75.6 dtex y de pencas maduras con 94.1 dtex.

Las fibras de mayor resistencia fueron de las pencas maduras de Dadho y Pozuelos, con 5.2 N y 6.6 N respectivamente.

Las fibras con un color más cercano al blanco son las de San Andrés Daboxtha, con valores de 2.4 en ambas secciones de la penca; en los tres niveles de madurez de la penca, con valores de 2.2 en hojas jóvenes, 2.3 en las maduras y 2.6 en las viejas; con valores de 3.3 en el ixtle natural y 1.5 en el lavado. Esto se puede inferir al tratamiento que se le da a la fibra, pues la mezcla para blanquear y suavizar se deja reposar durante una noche completa, a diferencia de las otras comunidades.

La preferencia por esta variante de acuerdo con los informantes, se debe, por un lado, a su capacidad de adaptación tanto a suelos de secano, como en las comunidades del Valle Alto del Mezquital, y a suelos irrigados, como los de la parte baja del Valle (Martínez-Asaad y Samiento, 1991; Moreno *et al.*, 2006). Así mismo, la fibra del cogollo de *Xa'mni* es la más frecuentemente utilizada por los informantes, por su finura (133.2 μm promedio), resistencia (3.7 N promedio) y facilidad para hilar (118.6 dtex).

5.2.3. Comparación del ixtle del cogollo en cuatro variantes

Como se mencionó anteriormente, los talladores prefieren el ixtle de las hojas más jóvenes del cogollo, porque es más blanco y fino en comparación con las fibras extraídas de pencas con un grado de madurez mayor, que son más gruesas y con un color amarillento (Guerrero, 1983; Rangel, 1987; Parsons & Parsons, 1990; Ruschel, 2013). Por ejemplo, para elaborar un tejido fino en telar, o piezas con ganchillo, se requiere de un hilo de un ixtle fino y suave, como el que se obtiene de las pencas jóvenes del cogollo de un *Xa'mni* (que tiene un grosor de 152.0 μm promedio); para un tejido más grueso, se puede utilizar la fibra de las pencas maduras o de las pencas viejas de un *It'ui* grande (con un grosor de 171.0 μm).

Se compararon las características de la fibra de las hojas obtenidas de los cogollos, por ser el grado de madurez común en las cuatro localidades.

Efectivamente, las fibras más largas, como lo indica su nombre, son las de *Ma'ye* o Penca larga, con 108.1 cm en la sección lateral, y 128.1 cm en la central.

Las fibras más finas son las de Chino cenizo y *Xa'mni*, con 161.4 μm y 148.3 μm en la sección lateral, y 161.4 μm y 155.7 μm en la sección central, respectivamente. Esto confirma que las fibras más gruesas son las de *It'ui*, con 233.5 μm en las fibras centrales.

Las fibras con la menor densidad lineal también son las de Chino cenizo y *Xa'mni*, con 129.4 μm y 149.0 μm en la sección central, respectivamente.

Las fibras más resistentes son las laterales de *It'ui* con 3.6 N, *Ma'ye* con 4.0 N y *Xa'mni* con 3.5 N, y las centrales, de las mismas variantes, con 3.9 N, 3.2 N y 4.5 N, respectivamente. Esto puede inferir la razón por la que la variante Chino cenizo no es tan populares para la extracción de fibra entre los informantes.

Las fibras con el color más cercano al blanco las de *Ma'ye* y *Xa'mni*, con valores de 3.8 y 3.2 en la sección lateral, y 3.0 y 3.2 en la sección central, respectivamente.

Conclusiones

De acuerdo con lo observado durante el estudio etnobotánico del manejo de las fibras de *Agave salmiana* y *A. mapisaga*, se puede afirmar que existen diferencias de longitud, finura, densidad lineal, resistencia y color de la fibra entre las dos especies.

Estas diferencias en las fibras son apreciadas por los *hñähñu* cuando mencionan sus preferencias por una variante y un grado de madurez de la penca, para cierto propósito.

Las fibras jóvenes de la variante *Xa'mni* (*Agave salmiana*) es la más frecuentemente utilizada debido a sus cualidades de finura, fácil hilado, alta resistencia y coloración cercana al blanco

En general, la fibra de *Xa'mni* reúne las características necesarias para un buen hilado: es larga (97.9 cm), fina (133.2 μm), baja densidad lineal, es decir, fácil de hilar (118.6 dtex), resistente (3.7 N) y blanca (2.5 en la escala de Küppers).

Por su parte, la fibra de *It'ui* (*Agave salmiana*) es similar en longitud (98.7 cm) y resistencia (3.8 N) a la de *Xa'mni*; la fibra de *Ma'ye* es similar en color (2.8 en la escala de Küppers) y densidad lineal (129.9 dtex) a la de *Xa'mni*, aunque es la menos resistente (3.0 N); y la fibra de Chino cenizo es la más gruesa de todas (191.8 μm), pero también la más corta (86.7 cm), densa (190.1 dtex) y oscura (4.0 en la escala Küppers).

Las fibras de *Agave salmiana* y *A. mapisaga* son por definición fibras duras, y los resultados del análisis etnobotánico y cuantitativo confirman sus cualidades como fibras textiles.

La calidad textil del ixtle de *Agave salmiana* y *A. mapisaga* permite a las tejedoras elaborar hilados con una finura y densidad consistente y una resistencia necesaria para un tejido de uso delicado o de uso rudo.

Bibliografía

- Aguirre R., J. R. 1979. Metodología para el registro del conocimiento empírico de los campesinos en relación con el uso de recursos naturales renovables. Documento de trabajo Núm. 3. Centro Regional para Estudios de Zonas Áridas y Semiáridas. Colegio de Posgraduados. Salinas, San Luis Potosí. México. 5 p.
- Aguirre R., J. R.; H. Charcas S.; J. L. Flores F. 2001. El maguey mezcalero potosino. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Consejo Potosino de Ciencia y Tecnología. San Luis Potosí, SLP. México. 87 p.
- Alonso P., J. R. 2011. Manual de histología vegetal. Paraninfo. España. 326 p.
- Álvarez F., G.; J. C. García L.; J. M. Pinos R.; Y. Jasso P.; F. M. Tristán P.; R. González G. 2015. Maguey (*Agave spp.*) silage production with either alfalfa or mesquite pod meal as protein sources. *Journal of Animal & Plant Sciences*. 24 (1): 3714-3721.
- Anaya L., A. L. 2003. Ecología química. Editorial Plaza y Valdés. México. 349 p.
- Ander-Egg E. 1995. Técnicas de investigación social. 24ª ed. Editorial Lumen. Buenos Aires, Argentina. 424 p.
- Anónimo. 2011. American Heritage Dictionary of the English Language, 5ª Ed.. <http://www.thefreedictionary.com/textile>. Consultado el 24 de junio de 4 2016.
- Barrera M., A. 1979. La etnobotánica: tres puntos de vista y una perspectiva. Universidad Autónoma Chapingo. México. 30 p.
- Bianco C., A.; T. A. Kraus; A. C. Vegetti. 2004. La hoja: morfología externa y anatomía. Universidad Nacional del Río Cuarto. Universidad Nacional del Litoral. Argentina. 195 p.
- Birol, E.; E. Rayn V.; M. Smale. 2007. Farmer preferences for *milpa* diversity and genetically modified maize in Mexico. IFPRI discussion paper 726. International Food Policy Research Institute. Washington, D. C., USA. 31 p.
- Boils, G. 2010. El Dadhó: vivienda y migración en una comunidad Ñañú. Investigación y diseño: Anuario del Posgrado de la División de Ciencias y Artes para el Diseño de la Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco. 6:27-37.
- Bravo H., E. 1937. Observaciones florísticas y geobotánicas en el Valle del Mezquital, Hidalgo. *Anales del Instituto de Biología*. 8 (1,2):3-82.
- Bravo Hollis, H.; H. Sánchez-Mejorada R. 1991. Las cactáceas de México. 2ª ed. Vol. II. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 404 p.

- Caballero C., M.; L. Silva S.; I. López H.; A. José J.; C. I. Cortés M.; J. L. Montes B.; R. F. García M. 2008. Caracterización de propiedades mecánicas de fibras del *Agave angustifolia* Haw. Memorias del XIV Congreso Internacional Anual de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica. 89-94.
- Castillo Q., D.; T. Sáenz R.; M. Narcia V.; J. A. Vázquez R. 2013. Propiedades físico-mecánicas de la fibra de *Agave lechuguilla* Torr. de cinco procedencias bajo plantaciones. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. 4(19):78-91.
- Castro-Días A. S., J. A. Guerrero-Beltrán. 2013. El agave y sus productos. Temas selectos de Ingeniería de alimentos. 7-2:53-61.
- CDI. 2009. Página de la Comisión Nacional para el Desarrollo de Pueblos Indígenas. Monografías otomíes del Valle del Mezquital-*Hñähñu*. [Consulta realizada el 16 de junio de 15]. Disponible en: http://www.cdi.gob.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=633&Itemid
- CDI. 2010. Página de la Comisión Nacional para el Desarrollo de Pueblos Indígenas. Indicadores sociodemográficos de la población total y la población indígena, 2010: Hidalgo. [Consulta realizada el 04 de noviembre de 2015]. Disponible en: <http://www.cdi.gob.mx/cedulas/2010/HIDA/hida2010.pdf>
- Chillián J. 2013. Las artesanías de ixtle encierra gran tradición prehispánica, es creativa y muy colorida. [Consulta realizada el 15 de febrero de 2016]. Disponible en: <http://www.rutamxo.com/las-artesantias-de-ixtle-encierra-gran-tradicion-prehispanica-es-creativa-y-muy-colorida/>
- Colunga-García M., P.; A. Larqué S.; L. E Eguiarte; D. Zizumbo-Villarreal. 2007. En lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves. (Eds.). CONACYT, CONABIO, SEMARNAT. México. 402 p.
- Cordero L., C. V. 1959. Estudio preliminar del aprovechamiento de la fibra raspada de piña para la elaboración de hilos en el sistema lineal tipo lino. Tesis profesional. Escuela Superior de Ingeniería Textil. Instituto Politécnico Nacional. México. 91 p.
- Crane H. R. y Griffin J. B. 1958. University of Michigan radiocarbon dates III. Science 128:117-123.
- Cruz F., S. 2008. Textiles y cestería de la región zoque: criterios y alternativas de conservación para el patrimonio arqueológico. En: Perdigón C., K. La conservación de los textiles del INAH. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México, DF. pp. 47-82.
- Dewey, L. H. 1941. Fibras vegetales y su producción en América. Unión Panamericana, Oficina de Cooperación Agrícola. Centro Regional de Ayuda Técnica. México. 101 p.

- Escalante G., P. 2004. La casa, el cuerpo, las emociones. En: Escalante G., P. Historia de la vida cotidiana en México. I. Mesoamérica y los ámbitos indígenas de la Nueva España. Colegio de México y Fondo de Cultura Económica. México, DF. 231-259.
- Erhardt, T.; Blümcke, A.; Bürger, W.; Märklin, M.; Quinzler, G. 1980. Tecnología textil básica 2: Fibras naturales y artificiales. Editorial Trillas. México. 101 p.
- Esparza L., S. A. 1998. Teoría de los hilados. Editorial Limusa. México, DF. 200p.
- Evans, S. T. 1992. The productivity of maguey terraces agriculture in Central Mexico during Azteca period. *Latin American Antiquity*. 1(2): 117-132.
- FAO. Página de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2014. Fibras del futuro. [Consulta realizada el 02 de septiembre de 2014]. Disponible en: <http://www.fao.org/economic/futurefibres/fibres/sisal/es/>
- Font Quer, P. 1953. Diccionario de botánica. Editorial Labor. Barcelona, España. 1244 p.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 5ª ed. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 90 p.
- García-Mendoza, A. J. 2011a. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 88:1-95.
- García-Mendoza, A. J. 2013. *Agave kavandivi* (Agavaceae: grupo *Striatae*), una especie nueva de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84:1070-1076.
- Gentry, H. S. 1982. *Agaves of Continental North America*. The University of Arizona Press. USA. 670 p.
- Gillow, J.; B. Sentance. 2000. *Tejidos del mundo: guía visual de las técnicas tradicionales*. Editorial Nerea. Guipúzcoa, España. 240 p.
- Godínez H., C. I. 2012. Caracterización y eficiencia de la fermentación en la elaboración del mezcal potosino. Tesis de Maestría. Programas Multidisciplinarios de Posgrado en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, SLP. México. 88 p.
- Gómez G., M. J.; M. E. Sánchez S. A. 2008. La conservación de los textiles mayas de las Tierras Altas, Chiapas, en el Museo Nacional de Antropología. En: Perdigón C., K. La conservación de los textiles del INAH. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México, DF. pp. 111-138.
- González-Cruz, J. 2009. Método para hablar y escribir *hñähñu*-otomí: La lengua de nuestros antepasados se niega a morir. Juan González Cruz editor. México.
- González-Quintero, L. 1968. Tipos de vegetación del Valle del Mezquital, Hgo. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México. 53 p.

- Gowda, B. 2000. Economic Botany. Fibras, rubber, firewood, timber and bamboos. Department of botany, University of Agricultural Sciences Hebbal. Bangalore, India. 109 p.
- Guerrero, R. 1983. Los otomíes del Valle del Mezquital (Modos de vida, etnografía, folklore). Gobierno del Estado de Hidalgo. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México. 469 p.
- Guillot O., D.; P. Van der Meer. 2003. Las familias *Agavaceae* y *Aloaceae* en la comunidad Valenciana. *Flora Montiberica*. 23:29-43.
- Gumeta C., C. 2009. Estudio del secado convectivo y de la extracción de celulosa a través del proceso organosolv a partir de *Agave atrovirens* Karw. Tesis doctoral. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. México. 147 p.
- Gutiérrez R., I.; S. L. Contreras; M. R. Gudiño C.; J. I. Romero A. 2002. La memoria agraria mexicana en imágenes: cuatro ensayos. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social. Registro Agrario Nacional. México. 212 p.
- Hernández C., L.; M. Victoria T.; D. Sinclair C. 2010. Diccionario *hñähñu* (otomí) del Valle del Mezquital, estado de Hidalgo. Editorial Instituto Lingüístico de Verano. México, DF. 528 p.
- Hernández Xolocotzi, E. 1970. La exploración etnobotánica y su metodología. *Xolocotzia*. 1:163-188.
- Hill, A. F. 1937. Economic botany: a textbook of useful plants and plant products. Mc Graw Hill. New York, USA. 592 p.
- Hollen N.; J. Saddler; A. L. Langford. 1999. Introducción a los textiles. Editorial Limusa. México. 359 p.
- INAH. 2016. Página del Instituto Nacional de Antropología e Historia. Museo Nacional de Antropología. Colección arqueológica y etnográfica. Catálogo en línea. [Consulta realizada el 23 de junio de 2016]. Disponible en: <http://www.mna.inah.gob.mx/coleccion/explora.html>
- INEGI. 2007. Página del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Panorama agropecuario en Hidalgo. Censo agropecuario 2007. [Consulta realizada el 20 de enero de 2016]. Disponible en: http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/agropecuario/2007/panora_agrop/hgo/panoagrohgo.pdf
- INEGI. 2010. Página del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Características culturales de la población. [Consulta realizada el 04 de noviembre de 2015]. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=mlen10&s=est&c=35048>

- INEGI. 2010. Página del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Censo de población y vivienda 2010. [Consulta realizada el 04 de noviembre de 2015]. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?src=487&e=13>
- INEGI. 2015. Página del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Mapa digital de México V6.1. [Consulta realizada el 09 de agosto de 2015]. Disponible en: <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjIwLjMwMjU2LGxvbjotOTguNTQxMTUusejo1LGw6YzExMXNlcnZpY2lvc3x0YzExMXNlcnZpY2lvcw>
- INALI. 2010. Página del Instituto Nacional de Lenguas Indígenas. Catálogo de las Lenguas Indígenas Nacionales: Variantes lingüísticas de México con sus autodenominaciones y referencias geoestadísticas. Agrupación lingüística: otomí. [Consulta realizada el 13 de mayo de 15]. Disponible en: http://www.inali.gob.mx/clin-inali/html/1_otomi.html
- José J., R.; E. García-Moya. 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.
- Keller, H. A. 2009. Plantas textiles de los guaraníes de Misiones Argentina. Bonplandia. 18(1):29-37.
- Küppers, H. 2002. Atlas de los colores. 1ª ed. Editorial Blume. Barcelona, España. 165 p.
- Landa, R.; C. Neri. 2002. El diagnóstico socioambiental como herramienta para orientar política pública en la gestión de riesgos hidrometeorológicos en la región semiárida del Alto Mezquital en Hidalgo y el Centro-Oeste de Querétaro. Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental, SEMARNAT, Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, PAMAS-COLMEX. México. 11 p.
- Lastra S., Y. 2006. Los otomíes su lengua y su historia. Instituto de Investigaciones Antropológicas. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 525 p.
- LeFavor, M. C. 2014. Restoration of degraded agricultural terraces: rebuilding landscape structure process. Journal of Environment Management. 138:32-42.
- León, J. 2000. Botánica de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 522 p.
- Levy T., S. I.; J. R. Aguirre R. 2000. Conceptuación botánica: experiencia de un estudio en la lacandonia. Revista de Geografía Agrícola. 29:84-114.
- López A., B. 2004. Ampliación del sistema de riego en el Valle del Mezquital con aguas subterráneas. Tesis de grado. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura. Instituto Politécnico Nacional. México. 186 p.

- López A., F.; P. Fournier. 2009. Espacio, tiempo y asentamientos en el Valle del Mezquital: un enfoque comparativo con los desarrollos de William T. Sanders. *Cuicuilco*. 47:113-146.
- Macedo E., M. 1950. Manual del magueyero. Bartolomé Trucco Editor. México. 160 p.
- Maiti M., R. 1995. Fibras vegetales en el mundo: aspectos botánicos, calidad y utilidad. Editorial Trillas. México. 300 p.
- Martínez-Asaad, C. R.; S. Sarmiento S. 1991. Nos queda la esperanza: El Valle del Mezquital. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. México. 351 p.
- Martínez, M. 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México. 1220 p.
- Martínez M., P. 1976. Química y física de las fibras textiles. Editorial Alhambra. Madrid, España. 204 p.
- Mayorga H., E.; E. D. Rössel K.; H. Ortiz L.; A. R. Quero C.; A. Amante O. 2004. Análisis comparativo en la calidad de fibra de *Agave lechuguilla Torr.*, procesada manual y mecánicamente. *Agrociencia*. 38:219-225.
- Menegus, M. 2004. La nobleza indígena en la Nueva España: circunstancias, costumbres y actitudes. En: Escalante G.,P. Historia de la vida cotidiana en México. I. Mesoamérica y los ámbitos indígenas de la Nueva España. Colegio de México y Fondo de Cultura Económica. México, DF. 501-523.
- McKenna, H. A.; J. W. S. Hearle; N. O'Hear. 2004. *Handbook of fibre rope technology*. Woodhead Publishing Limited. The Textile Institute. England. 432 p.
- Medina H., A.; N. Quezada. 1975. Panorama de las artesanías otomíes del Valle del Mezquital: ensayo metodológico. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Investigaciones Antropológicas. México. 122 p.
- Mendoza, A. Códice Mendoza. Edición digital. [Consulta realizada el 23 de junio de 2016]. Disponible en: <http://codicemendoza.inah.gob.mx/html/acerca.php?lang=spanish>
- Mesa A., M.; R. Villanueva V. 1948. La producción de fibras duras en México. Monografías Industriales. Banco de México. México. 572 p.
- Montúfar L., A., N. Anzures J. 2014. El registro arqueológico e histórico del maguey. En: Vela, E.; A. Montúfar L.; N. Anzures J.; E. Martínez V.; A. M. Jarquín P. El maguey. Edición Especial. Arqueología Mexicana. pp. 12-13.
- Mora L., J. L.; J. A. Reyes-Agüero; J. L. Flores-Flores; C. B. Peña V.; J. R. Aguirre R. 2011. Variación morfológica y humanización de la sección *Salmianae* del género *Agave*. *Agrociencia*. 45:465-477.

- Moreno A., B.; M. G. Garret R.; U. J. Fierro A. 2006. Pueblos indígenas del México contemporáneo: otomíes del Valle del Mezquital. Comisión Nacional para el Desarrollo de Pueblos Indígenas. México. 52 p.
- Morton, W. E.; J. W. S Hearle. 2008. Physical Properties of Textile Fibres. Woodhead Publishing Limited. The Textile Institute. England. 796 p.
- Msahli, S.; J. E. Drean. 2005. Evaluating the fineness of *Agave Americana L.* fibers. Textile Research Journal. 75(7):540-543.
- Nava C., P. 1968. Industrialización del ixtle (fibra de palma). Tesis profesional. Escuela de Ingeniería. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México. 92 p.
- Núñez B. L., M. D. 2012. Changes in traditional cultivation and use of maguey (*Agave spp.*) and nopal (*Opuntia spp.*) in the Upper Mezquital Valley of Mexico: Relevance for sustainable livelihoods. Master thesis. Science Program Environmental Protection and Agricultural Food Production. Universität Hohenheim. Stuttgart, Germany. 112 p.
- Oliver V., B. M. 1995. El tributo en el área mazahua en el siglo XVI. En: Otopames: memoria del primer coloquio, Querétaro. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 215-230.
- Parsons, J. R.; M. H. Parsons. 1990. Maguey utilization in highland central Mexico. Anthropological Papers Museum of Anthropology, University of Michigan. USA. 388 p.
- Perales R., H. R.; J. R. Aguirre R. 2008. Biodiversidad humanizada. Capital natural de México: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México. 18(1): 565-603.
- Perdigón C., K. 2008. La conservación de un cacile de ixtle. En: Perdigón C., K. La conservación de los textiles del INAH. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México, DF. pp. 83-109.
- Pinos R., J. M.; J. R. Aguirre R.; J. C. García L.; M. T. Rivera; S. González M.; S. López A.; D. Chávez V. 2006. Use of “maguey” (*Agave salmiana* Otto ex, Salm.Dick) as forage for ewes. Journal of Applied Animal Research. 30:101-107.
- Pinos R., J. M.; M. Zamudio; S. S. González. 2008. The effect of plant age on the chemical composition of fresh and ensiled *Agave salmiana* leaves. South African Journal of Animal Science. 38 (1):43-50.
- Ramírez, A. 1937. Nota acerca del aprovechamiento de algunas plantas de importancia económica en la región del Valle del Mezquital, Hgo. Anales del Instituto de Biología 8 (1, 2): 83-115.

- Ramsay, R. M. 2004. El maguey en Gundhó, Valle del Mezquital (Hidalgo, México): variedades, propagación y cambios en su uso. *Etnobiología*. 4:54-66.
- Rangel C., S. 1987. Etnobotánica de los agaves del Valle del Mezquital. Tesis profesional. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 155 p.
- Real Academia Española. 2014. Basta. Diccionario de la lengua española. 23ª ed. Disponible en: <http://dle.rae.es/?w=basta&m=form&o=h>
- Real Academia Española. 2014. Bastilla. Diccionario de la lengua española. 23ª ed. Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=5BsG0MZ>
- Real Academia Española. 2014. Croché. Diccionario de la lengua española. 23ª ed. Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=BKi6mZh>
- Real Academia Española. 2014. Jarciería. Diccionario de la lengua española. 23ª ed. Disponible en: <http://buscon.rae.es/drae/srv/search?val=jarcier%EDa>
- Real Academia Española. 2014. Líber. Diccionario de la lengua española. 23ª ed. Disponible en: <http://dle.rae.es/?w=l%C3%ADber&m=form&o=h>
- Real Academia Española. 2014. Manojó. Diccionario de la lengua española. 23ª ed. Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=OFHDBdA>
- Real Academia Española. 2014. Urdimbre. Diccionario de la lengua española. 23ª ed. Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=b8s9iNo>
- Reyes-Agüero, J. A.; J. R. Aguirre R.; C. B. Peña-Valdivia. 2000. Biología y aprovechamiento de *Agave lechuguilla* Torrey. *Boletín de la Sociedad Botánica México*. 67:75-88.
- Reyes-Agüero J. A.; J. R. Aguirre R.; F. Carlín C.; A. González D. 2009. Catálogo de las principales variantes silvestres y cultivadas de *Opuntia* en la Altiplanicie Meridional de México. UASLP., SAGARPA y CONACYT. San Luis Potosí, México. 350 p.
- Reyes-Agüero J. A.; J. R. Aguirre R.; C. B. Peña-Valdivia; J. L. Mora L. enviado. Agrodiversity and ethnobotany of *Agave salmiana Otto ex Salm-Dyck* and *A. mapisaga Trel.* (Agavoideae) in mestizo and Hñähñu sites in central Mexico.
- Robles S., R. 1991. La producción de oleaginosas y textiles. 3ª ed. Editorial Limusa. México. 200 p.
- Rodríguez L. F. 1985. Les chihimeques. CEMCA. México, D. F. 239 p.
- Romo V., A. 2006. Química de la flora mexicana. Instituto de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 224 p.

- Ruschel R., F. 2013. El uso del ixtle en el Valle del Mezquital. Tesis de maestría. Facultad de Filosofía y Letras. Instituto de Investigaciones Filológicas. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 207 p.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 432 p.
- Sahagún, Fr. B. de. 1985. Historia general de las cosas de Nueva España. 6ª Ed. Porrúa, México. 1093 p.
- Salinas, M. L.; T. Ogura; L. Soffchi. 2001. Irritant contact dermatitis caused by needle-like calcium oxalate crystals, raphides, in *Agave tequilana* among workers in tequila distilleries and *Agave* plantations. *Contact Dermatitis*. 44:94-96.
- Sánchez-Potes, A. 1990. Cultivos de fibras. 2ª ed. Secretaría de Educación Pública. Editorial Trillas. México. 84 p.
- Santamaría, F. J. 1992. Diccionario de mejicanismos. 5ª ed. Editorial Porrúa. México, DF. 1207 p.
- Schaefer, S. 2012. El telar y el tiempo en el mundo huichol. En: Gutiérrez A., A. Hilando al norte: nudos, redes, vestidos, textiles. Colegio de San Luis. Colegio de la Frontera Norte. México, DF. pp. 257-279.
- SEDESOL. 2015. Página de la Secretaría de Desarrollo Social. Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social. Cardonal, Hidalgo. [Consulta realizada el 25 de marzo de 2015]. Disponible en: http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/45278/Hidalgo_015.pdf
- SEDESOL. 2015. Página de la Secretaría de Desarrollo Social. Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social. Cardonal, Hidalgo. [Consulta realizada el 25 de marzo de 2015]. Disponible en: http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/45282/Hidalgo_019.pdf
- Sengupta, S.; G. Basu; R. Chakraborty; C. J. Thampi. 2014. Stochastic analysis of major physical properties of coconut fibre. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*. 39:14-23.
- Serrano C., E.; V. Gámez M.; I. Maldonado S.; E. Bello J.; B. Vázquez R.; M. L. Ayala; L. V. García V.; B. Ramírez M.; J. A. Salas S. 2006. Regiones indígenas de México. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. México. 148 p.
- Sheldon S. 1980. Ethnobotany of *Agave lechuguilla* and *Yucca carnerosana* in Mexico's Zona Ixtlera. *Economic Botany*. 34(3):376-390.
- SIAP. 2014. Página del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Henequén. [Consulta realizada el 30 de octubre de 2014]. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/henequen/>

- Silva, V. 2010. Dermatitis due to plants (*phyto dermatosis*). *Anais Brasileiros de Dermatologia*. 85(4):479-89.
- Siméon, R. 1977. Diccionario de la lengua *náhuatl* o mexicana. 17ª ed. Traducción de Oliva J. Editorial Siglo XXI. México. 783 p.
- Simpson, B. B.; M. Conner O. 1995. *Economic botany: plants in our world*. McGraw-Hill. USA. 742 p.
- Smith, A. W. 1999. An introduction to textile materials: their structure, properties and deterioration. *Journal of the Society of Archivists*. 20(1):25-39.
- Soustelle, J. 1993. La familia otomí-pame del México centra. 1ª ed. español. Traducción de Mercado B., N. Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos. Fondo de Cultura Económica. México. 579 p.
- Steel, R. G. D.; J. H. Torrie.; D. A. Dickey. 1997. *Principles and procedures of statistics a biometrical approach*. 3ª ed. McGraw-Hill. México. 666 p.
- Vela, E.; A. Montúfar L.; N. Anzures J.; E. Martínez V.; A. M. Jarquín P. 2015. El maguey. Edición Especial. *Arqueología Mexicana*. 57:8-90.
- Velasco R., G. J. 1995. *Origen del textil en Mesoamérica*. Instituto Politécnico Nacional. México. 305 p.
- Xanvil Cultura y Ecología A. C. 2009. *Textiles potosinos*. [Consulta realizada el 18 de febrero de 2016]. Disponible en: http://www.xanvil.org/pdf/TEXTILES_POTOSINOS.pdf
- Yetman, D.; T. R. Van Devender. 2002. *Mayo ethnobotany: land, history and traditional knowledge in Northwest Mexico*. University of California Press. USA. 372 p.
- Zamora P., C.; B. I. Juárez F.; J. R. Aguirre R.; D. Ortiz P.; C. I. Godínez H.; G. Álvarez F. 2010. Variation of the concentration of sugar and saponins during the cooking of maguey mezcalero potosino. *e-Gnosis* 8 (7):1-11.

Anexo 2

Tabla 20. Longitud, grosor, resistencia y color de algunas fibras vegetales (con base en: Dewey, 1941; Cordero, 1959; Erhrdt *et al.*, 1980; Sánchez-Potes, 1990; Hollen *et al.*, 1999; Mayorga *et al.*, 2004; NMXFF113SCFI2009; Castillo *et al.*, 2013).

Especie	Nombre de la fibra	Longitud (cm)	Grosor (μm)	Resistencia a la rotura (N)	Color+
<i>Boehmeria nivea</i>	Ramio	60.0 a 150.0	20 a 60	**	Cenizo plateado
<i>Cannabis sativa</i>	Cáñamo	100.0 a 250.0	25	**	Amarillento, verdoso, café
<i>Corchorus capsularis L.</i>	Yute	100.0 a 400.0	25	1.9	Cenizo, café rojizo
<i>Gossypium hirsutum</i>	Algodón	1.3 a 6.0	16 a 40	**	Blanco, amarillento, pardo
<i>Hibiscus cannabinus</i>	Kenaf	150.0 a 300.0	**	2.6	**
<i>Linum usitatissimum</i>	Lino	40.0 a 70.0	20 a 25	0.2	Cenizo, amarillento
<i>Ceiba pentandra</i>	Pochote	1.5 a 3.5	16 a 35	**	Amarillento, café
<i>Cocos nucifera</i>	Bonote	15.0 a 35.0	50 a 400	**	Café claro, café oscuro, café rojizo
<i>Ananas comosus</i>	Piña	70.0	**	1.7	**
<i>Agave fourcroydes</i>	Henquén	60.0 a 160.0	125 a 500	8.6	Anaranjado amarillento a casi blanco
<i>Agave lechuguilla</i>	Lechuguilla	25.0 a 60.0	300	10 a 20	Blanco, crema, amarillo claro y verde
<i>Agave salmiana</i>	Ixtle de maguey	60.8 a 139.8	133	3.7	2.4*
<i>Agave mapisaga</i>	Ixtle de maguey	70.6 a 149.2	173	3.0	2.7*
<i>Agave sisalana</i>	Sisal	50.0 a 160.0	**	**	Blanco crema, amarillo
<i>Musa textilis</i>	Abacá	120.0 a 400.0	**	**	Marfil, café oscuro

+ Apreciación cualitativa de los autores

* Evaluación del color en escala ordinal de Küppers, 2002; el valor 1.0 corresponde al color más claro, el valor de 6.0 corresponde al color más oscuro.

** Sin información de la medición

Anexo 3

Tabla 21. Glosario de términos *hñähñu*-español asociados con el maguey, actividades y procesos para la obtención de aguamiel e ixtle en el Valle del Mezquital (con base en: Font Quer, 1953; Esparza, 1998; Aguirre *et al.*, 2001; González-Cruz, 2009; Hernández *et al.*, 2010).

Contexto	Término en <i>hñähñu</i>	Término en español	Definición
Relacionado a la planta del maguey	<i>Uada</i>	Maguey	
	<i>Ts'u'ta</i>	Lechuguilla	
	<i>Gixi / gixu'ada</i>	*	Jugo del maguey que da comezón
	<i>Xu'ta</i>	Penca	Término empleado para designar ciertas hojas carnosas y aplanadas como las del maguey
	<i>Nximbo</i>	Penca	Hoja del corazón del maguey
	<i>Koraso</i>	Cogollo	Yema apical considerablemente desarrollada en ciertas plantas cultivadas
	<i>Bo (bohordo)</i>	Quiote	Escapo floral del maguey
	<i>Thenk'ue</i>	Chinicuiles	Gusano colorado del maguey que se mantiene del tronco
	<i>Thet'ue</i>	Chicharra	Gusano blanco que se cría en la penca del maguey
	<i>Yuhi</i>	Escamoles	Larva de cierta hormiga comestible
	<i>Xixi</i>	*	Cáscara de maguey
	<i>Ndombo</i>	Golumbo	Flor de maguey
	<i>Ngux'uada</i>	*	Casa de maguey
Extracción de aguamiel	<i>Xi'te</i>	*	Cascara que queda de la lechuguilla después de tallarla y, es un detergente natural no contaminante para lavar los trastes grasosos y el cabello
	<i>Mifi</i>	Acocote	Fruto seco de <i>Lagenaria siceraria</i> utilizado para succionar el aguamiel
	<i>Mahmi</i>	cajete	Cazuela grande/(de <i>caxitl</i> , escudilla) oquedad practicada en el meloyote durante la castración para acumular el aguamiel
	<i>Afi</i>	raspar	Raspar el corazón del maguey para que brote el aguamiel
	<i>Egi/é'uada</i>	quebrar	Capar o quebrar el maguey, perforándolo por un lado del cogollo para rasparlo
	<i>Thi'thfi</i>		Acción de sacar el aguamiel
	<i>T'afi</i>	raspador	Persona que hace brotar el aguamiel

Contexto	Término en hñähñu	Término en español	Definición
Extracción de ixtle	<i>Hui'tfi, 'yafi</i>	tlachiquero	Persona que extrae el aguamiel
	<i>Dexi</i>	tallador	Persona que extrae la fibra
	<i>Hets'i</i>	cortar	Acción de obtener pencas de maguey, nopal, hierbas, espinas, etc.
	<i>Mok'uada</i>	tajadera	Herramienta para podar el maguey
	<i>Jonxähi</i>	*	Actividad de tallar la penca que da comezón
	<i>Häxi</i>	asar	
	<i>K'ut'i</i>	extraer	Extraer la fibra del maguey en listones
	<i>Texi</i>	tallar	Acción repetitiva para extraer la fibra de las pencas del maguey
	<i>Santhe</i>		Fibra ya torcida/ixtle hilado
	<i>Jonxähi</i>	ixtle o fibra del maguey	Ixtle de maguey tallado que da comezón
	<i>Thexi</i>		De la lechuguilla o de junquillo
	<i>Santhe nk'u'ti</i>		Extraído de la punta de la penca del maguey tierno
	<i>Hu'uada</i>	Hornear	Hornear pencas de maguey
	<i>Jongí</i>	Tablón	Tablón base para tallar pencas de maguey
	<i>M'ünxi</i>	Mazo	Mazo de palo grueso de un lado
	<i>Nthexi</i>	Tallador	Palo con hoja de lámina gruesa para extraer la fibra
	<i>Nt'ots'i</i>	Soporte	Palo largo de apoyo donde se recarga el <i>jongí</i>
	<i>M'ái</i>	*	Dos horcones sobre los cuales se coloca el <i>nt'ots'i</i>
	<i>Nk'u'ti</i>	*	Junto con la palabra <i>santhe</i> puede significar “ixtle extraído en la punta de la penca del maguey tierno” o en otra forma escrita como <i>nk'u'tsa'uada</i> significa acción de arrancar el maguey/ Palito o tronquito que simula una tenaza en uno de los extremos, la cual se encaja en la penca y luego se enrolla un listón de esta para jalar el ixtle./ Acción de arrancar maguey
	<i>M'at'i</i>		Palito para enredar el ixtle tallado y se pueda seguir tallando
<i>Thet'i</i>	Malacate	Huso portable	
*	Husada	Porción de hilo de cualquier material que, una vez hilado, cabe en el huso, carrete o en la canilla	
*	Torsión	Característica técnica del hilo, definida por el número de vueltas que posee por unidad de longitud	
<i>Hñet'i</i>	Hilandero	Persona que elabora el hilo de ixtle	

Contexto	Término en hñähñu	Término en español	Definición
	<i>Thähi</i>	Hilo	Hebra o material fibroso, largo o delgado, formado mediante las diversas operaciones de hilatura. Se caracteriza por su regularidad, diámetro y su peso
	<i>Ya'be ga ñhu'ti/b'e</i>	Telar de cintura	Conjunto de elementos con los que se elabora una pieza textil con la técnica de trama y urdimbre
	<i>Xuni</i>	*	La mitad de un ayate
	<i>Ronjua</i>	Ayate	Manto de ixtle
	<i>T'ui</i>	Urdidor	Dos palos enterrados para urdir los hilos
	<i>B'e/'bants'i</i>	Palos de la urdimbre inicial y final	Elementos de soporte situados en la parte superior e inferior del telar, donde se coloca la urdimbre
	<i>Njät'í/njä'zibe</i>	El carrizo para separar/tramero	Carrete largo, con orejas en las orillas, donde se enrolla el hilo para formar la trama del tejido/el que guarda el hilo, hecho con quiote de lechuguilla
Trabajar en telar de cintura	<i>Njuts'í</i>	Carrizo delgado que contiene la trama	Para levantar los hilos de debajo de la trama y se crucen y pueda pasar por en medio el <i>njät'í</i> que va dejando el hilo en un proceso de ida y vuelta
	<i>Xät'ä</i>	Nopal	El nombre lo debe a su forma, una madera aplanada y pesada de mezquite para separar y apretar los hilos que van vienen en el tejido/ su nombre es por la forma que tiene y sirve para abrir los hilos y pueda pasar el <i>njät'í</i>
	<i>Sani</i>	Peine	Elemento de madera con dientes de carrizo por donde pasan los hilos separados y el tejido tenga una anchura uniforme
	<i>Nt'ube</i>	Carrizo urdidor	Elemento auxiliar del telar de cintura que abre el tejido
	<i>Nde</i>	Mecapal	Faja para la cintura
	<i>Toí</i>	*	Terminación del ayate/ terminar la trama del tejido de cintura
	<i>'Yofr</i>	Aguja	
	<i>Foxi</i>	Desecho	Desecho de la carnosidad de la penca de maguey cuando la tallan/desperdicio del ixtle
Proceso de cardado	<i>Eke</i>	Cardar	Operación en el proceso de hilatura del algodón que tiene por objeto separar individualmente las fibras, aislándolas unas de otras
	<i>Bimda</i>	Púa	La púa de la punta de la penca de maguey
Oficios relacionados	<i>Hyok'ye</i>	Artesano	
	<i>Me, met'e</i>	Tejedor	

Contexto	Término en hñähñu	Término en español	Definición
al trabajo con maguey	<i>Me'ronjua</i>	Ayatera	
	<i>Dex'uada</i>	Tallador de maguey	
	<i>Hñet'í</i>	Hilandera, hilador de ixtle	
	<i>Hui'fi, 'yafi</i>	Tlachiquero	
	<i>Maseí</i>	Vendedor de pulque	
Plantas comunes en el Valle del Mezquital	<i>T'ähí</i>	Mezquite	
	<i>Zäkthuhni</i>	Pirul	
	<i>Xät'ä</i>	Nopal	
	<i>Binza</i>	Huizache	
	<i>Denthi</i>	Palma	
	<i>Bohai</i>	Cucharilla o sotol	
	<i>Kamiñ'o</i>	Cardón	
	<i>Däxpe</i>	Biznaga	

* Sin traducción