

00345

7
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

FIBRAS DURAS DE AGAVE (IXTLE): ESPECIES
PRODUCTORAS Y FORMAS DE UTILIZACIÓN EN EL
ESTADO DE OAXACA.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS (BIOLOGÍA VEGETAL)

P R E S E N T A

BIÓL. FELIPE DE JESÚS PALMA CRUZ

DIRECTOR DE TESIS: M. en C. ABISAÍ JOSUÉ GARCÍA MENDOZA.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1999 271020



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**FIBRAS DURAS DE AGAVE (IXTLE): ESPECIES PRODUCTORAS Y FORMAS
DE UTILIZACIÓN EN EL ESTADO DE OAXACA.**

ÍNDICE

	pág.
Resumen	1
Introducción	2
Fibras vegetales en el mundo.....	2
Contexto mundial de las fibras duras.....	3
Fibras vegetales en México.....	8
Fibras de <i>Agave</i>	10
Aspectos anatómicos de las fibras vegetales.....	12
Características fisicoquímicas de algunas fibras duras.....	13
Clasificación de las fibras vegetales.....	15
Clasificación económica.....	15
Clasificación estructural.....	15
Área de estudio	16
Objetivos	18
Objetivo general	18
Objetivos específicos	18
Hipótesis	19
Metodología	19
Resultados	22
Comunidades productoras	22
Región de la Sierra Norte	23
Región Mixteca	24
Región de los Valles Centrales.....	25
Región de la Sierra Sur	26
Especies utilizadas	28
Métodos de obtención de las fibras duras de <i>Agave</i>	34
Enriado	34
Majado	42
Horneado	43
Desfibrado en seco	46
Procesos de manufactura y transformación de las fibras duras.....	47
Rueca o Torno	48
Tarabilla o Trabilla	52
Problemática de la actividad ixtlera en Oaxaca.....	57
Resultados de las pruebas mecánicas.....	59
Diámetro	59
Deformación	60
Resistencia	62
Módulo elástico	66
Absorción de energía a la tensión.....	66
Discusión y conclusiones	70
Calidad de las fibras	70
Referencias bibliográficas	73
Anexo No. 1 Fibras	81
Anexo No. 2 Cuestionario	89

AGRADECIMIENTOS

A MI ESPOSA:

M. C. CLAUDIA LÓPEZ SÁNCHEZ
POR APOYAR COMO META COMÚN
EL QUE SIGAMOS SIEMPRE ADELANTE
DE LA MANERA MÁS SENSATA.
Y POR SU CONFIANZA Y
COMPRENSIÓN INFINITAS.
TE QUIERO POR SIEMPRE.

A MIS HIJOS:

QUETZALCÓATL Y
HUITZILOPÓCHTLI
LOS DOS GRANDES DIOSES
QUE LE HAN IMPRIMIDO
UN NUEVO MATIZ A
NUESTRAS VIDAS.
LOS AMARÉ ETERNAMENTE.

- ☉ A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA: M. C. JAIME MARCIAL RAMÍREZ, M. C. MIGUEL ÁNGEL MÉNDEZ ROSADO, M. C. JORGE MIGUEL MARTÍNEZ CANSECO, M. C. MARCOS PEDRO RAMÍREZ LÓPEZ Y M. C. ÓSCAR F. JIMÉNEZ AQUINO, (LOS GRANDES MEZCALEROS), PORQUE SÓLO EN EQUIPO HEMOS LOGRADO CUBRIR NUESTRAS METAS.

- ☉ AL MAESTRO ABISAÍ J. GARCÍA MENDOZA, PORQUE A PESAR DE SU GRAN AMISTAD Y CONFIANZA, SIEMPRE ANTEPUSO SU INTERÉS ACADÉMICO PARA QUE SE CULMINARA ESTE TRABAJO.

- ☉ A LAS DRAS. RAQUEL GALVÁN VILLANUEVA Y CARMEN DE LA PAZ PÉREZ OLVERA, POR SU ACERTADA DIRECCIÓN Y ASESORIA PARA LA REALIZACIÓN DEL PRESENTE ESTUDIO.

- ☉ A LOS CC.: DR. ROBERT BYE BOETTLER, M. C. JUAN MANUEL RODRÍGUEZ CHÁVEZ, M. C. MIGUEL ÁNGEL MARTÍNEZ ALFARO, M. C. ARMANDO GÓMEZ CAMPOS POR SUS ACERTADAS OBSERVACIONES AL PRESENTE TRABAJO, PERO SOBRE TODO POR SUS VALIOSAS ENSEÑANZAS, MIS SINCEROS RECONOCIMIENTOS.

- ☉ AL ING. ALFREDO MACIEL CERDA, DEL LABORATORIO DE POLÍMEROS, DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES DE LA U.N.A.M., PORQUE GRACIAS A SUS CONSEJOS Y ASESORIA TÉCNICA SE LOGRARON LAS PRUEBAS FÍSICAS DEL MATERIAL ESTUDIADO.

- ☉ A MIS COLEGAS Y AMIGOS: BIÓL. JERÓNIMO REYES SANTIAGO, BIÓL. ALEJANDRO CASTAÑEDA Y BIÓL. ALEJANDRO GUTIERREZ. POR LOS GRANDES MOMENTOS COMPARTIDOS EN NUESTRA VIDA ACADÉMICA.

FIBRAS DURAS DE AGAVE (IXTLE): ESPECIES PRODUCTORAS Y FORMAS DE UTILIZACIÓN EN EL ESTADO DE OAXACA.

RESUMEN

Las fibras duras de los agaves (*Agave*: Agavaceae) han sido utilizadas en el estado de Oaxaca desde tiempos inmemoriales. Principalmente se han obtenido con el propósito de subsanar necesidades básicas como el vestido y la elaboración de artículos para uso agrícola, sobre todo cuerdas y lazos.

El número de especies de *Agave* que se emplean con este fin, varía de acuerdo con la disponibilidad de este recurso, pero en la entidad son cuatro especies y dos variedades que se distribuyen a lo largo y ancho del estado las que más se utilizan: *A. angustifolia*, *A. americana var. americana*, *A. americana var. oaxacensis*, *A. angustiarum*, *A. kerchovei*. Las formas de obtención de las fibras se basan prácticamente en métodos mecánicos de liberación de las fibras y eliminación del bagazo residual (parénquima), el cual varía de acuerdo a la especie que se utilice.

Dichos procesos incluyen métodos de extracción en los que se utilizan hojas frescas sin ningún tratamiento: majado; hojas frescas que se tratan térmicamente para facilitar la obtención de las fibras: horneado y enriado, y métodos que únicamente emplean hojas secas: desfibrado en seco. La variación más grande del proceso se observa en los métodos de extracción que utilizan hojas frescas con tratamiento previo, ya que las hojas se pueden asar en hornos como los empleados para elaborar barbacoa a nivel del piso, asarse en hornos cubiertos con tierra o bien asarse y someterse a un período de remojo en agua.

Con el propósito de determinar la relación existente entre la calidad de las fibras obtenidas y los métodos de obtención utilizados, se realizarán pruebas resistencia y tensión a la ruptura con el fin de demostrar cuantitativamente esta relación. Como resultando de lo anterior, se encontró que los procesos de asado y remojo (enriado) de las hojas producen las fibras con las mejores cualidades para la elaboración de los utensilios sometidos a grandes tensiones (lazos) y que las especies más aptas para este propósito son *A. angustifolia* y *A. americana var. oaxacensis*.

INTRODUCCIÓN.

Las fibras vegetales han jugado un papel importante en el desarrollo histórico del hombre, toda vez que su necesidad de hacerle frente a los fenómenos meteorológicos adversos, lo condujeron a la búsqueda de materiales más ligeros y térmicos que las pieles y cueros. Así mismo, su actividad como cazador y el perfeccionamiento de los utensilios y armas para cazar y pescar, requirieron de estructuras más flexibles que los tendones y tiras de cuero que utilizaba. Todo lo anterior tuvo solución una vez que descubrió las fibras flexibles y resistentes que forman parte de tallos, hojas, raíces, frutos y semillas de muchas de las plantas que localizaba a su paso en el peregrinar cotidiano de su vida nómada (Mac Neish, 1967; Mirambell, 1978; Nderemberger, 1978; López, 1981; Mirambell y Sánchez, 1986).

FIBRAS VEGETALES EN EL MUNDO.

Inicialmente el hombre obtuvo las fibras vegetales flexibles por simple eliminación de la corteza o por el raspado de tallos y hojas. Sin embargo, estos materiales que se utilizaron para atar y para entrelazar redes, esteras y cestos sólo permitían la producción de artículos poco acabados, ásperos y rígidos. La mayor innovación fue el descubrimiento de que las fibras individuales podían separarse de otras células y utilizarse en la elaboración de textiles.

Indudablemente las pieles animales precedieron a los materiales para tejer, pero las fibras vegetales fueron utilizadas mucho antes que las fibras animales para la elaboración de textiles. Los primeros hilos y cordeles elaborados con algodón silvestre (*Gossypium barbadense*) se remontan hacia el año 10,000 a.C. y fueron localizados en la excavación de Huaca Prieta en la costa de Perú (Bird, 1948; Smith, 1965). El lino (*Linum usitatissimum*) fue utilizado en Egipto para la elaboración de tejidos y papiro hacia el año 8,000 a.C. (Fishler, 1949; Acosta, 1952), mil años antes que la domesticación de las ovejas y cerca de 3,000 años antes de que se practicara la obtención de seda (Simpson y Conner, 1986).

Restos de cestería elaborados a partir de hojas de una palma (*Brahea dulcis*) fueron localizados en una ocupación humana antigua en Tehuacán, Puebla, México, que data del año 10,000 a.C. (Smith, 1967).

Restos de petates elaborados a base de *Yucca* y *Typha* se han descubierto en la cueva Havelock de Nevada, E.U., en una región habitada por grupos humanos entre 10,000 y 8,000 años a.C. (Smith, 1965).

En la cueva Danger de Utah, E.U., se encontraron redes y cuerdas elaboradas con fibras de *Apocynum* que datan de 5,000 años a.C. (Smith, 1965; Schery, 1972).

Lo anterior es comprensible porque sólo existe un pequeño número de especies animales, tales como borregos, camellos, vicuñas, guanacos, algunas cabras, conejos y el gusano de seda, si se compara con la gran cantidad de especies de plantas, productores de fibras que pueden ser utilizados para la confección de hilados y/o tejidos. De esta forma el hombre apreció, desde entonces, la naturaleza de las fibras vegetales, y aprendió cuales son las plantas que las contienen, cuales son los procesos de obtención y como se manufacturan (Simpson y Conner, 1986).

Con el desarrollo de las sociedades y el incremento de la utilización de las fibras vegetales, el hombre experimentó la reproducción de las plantas que las contenían hasta lograr su cultivo. Los registros históricos confirman que para el año 5,800 a.C. los habitantes de las cuevas de Coxcatlán, Puebla, México, utilizaban algodón (*Gossypium hirsutum*), el cual junto con el maguey (*Agave* sp.), seguramente ya se cultivaba (Smith, 1965; Smith y Kerr, 1968; López, 1981).

Los chinos ya cultivaban el cáñamo (*Cannabis sativa*) hacia el año 2,000 a.C. (Ash, 1948; Paddock, 1958; Atal, 1961), mientras que para el año 3,000 a.C. en la India se elaboraron las primeras telas confeccionadas con algodón (*Gossypium* spp.), que también ya se cultivaba (Schery, 1972).

CONTEXTO MUNDIAL DE LAS FIBRAS DURAS.

Hacia finales del siglo XVIII, las fibras suaves como el lino (*Linum usitatissimum*) y el cáñamo (*Cannabis sativa*) eran los únicos materiales a nivel mundial que se utilizaban en la industria de la cordelería, así como para la elaboración de costales y algunos textiles. Sin embargo, por su disponibilidad limitada y por la fluctuación económica en sus precios, originó que los industriales se dieran a la búsqueda de nuevas alternativas que remediaran la situación. De

tal forma que a principios del siglo XIX se comenzaron a utilizar otros tipos de fibras, denominadas fibras duras (por su consistencia), sobre todo de henequén (*Agave fourcroydes*), sisal (*A. sisalana*), abacá (*Musa textilis*), lino de Nueva Zelanda (*Phormium tenax*) y de otras monocotiledóneas (Bally y Tobler, 1955).

El desplazamiento del lino y del cáñamo, se asentó con el incremento de la superficie cultivada con especies de fibras duras, de tal suerte que poco antes de la segunda guerra mundial, la producción de fibras duras en todo el mundo, rebasó las 591,000 toneladas anuales, de las cuales 188,000 correspondían al abacá, 236,000 al sisal, 110,948 al henequén y 55,508 a otras fibras (Bally y Tobler, 1955; García y De Sicilia, 1984).

Después de la primera guerra mundial, el mercado internacional de las fibras duras registró un incremento tanto en la demanda como en el precio de las mismas, lo cual favoreció la expansión de las zonas productoras (las cuales se concentran sobre todo en países en vías de desarrollo y casi exclusivamente en regiones tropicales), así como la utilización de otras especies para la obtención de fibras duras, dentro de las que sobresale el bonote, extraído de *Coccos nucifera* (Hume, 1949; Bally y Tobler, 1955; F.A.O., 1969).

Para la década de los años cuarenta, la producción mundial de fibras duras, sufrió una disminución notable propiciada sobre todo por la competencia de las fibras sintéticas, sin embargo, para 1955 la productividad mundial de fibras duras se restableció y casi duplicó al rendimiento obtenido en la década anterior y para 1960-1964 se alcanzó el máximo de producción de fibras duras de origen vegetal en la historia, casi triplicando a la reportada para la década de los años cuarenta, no obstante el auge alcanzado durante 1960-1964, en la década de los años setenta y principios de los ochenta la producción vuelve a decaer (figuras 1 y 2; cuadro 1).

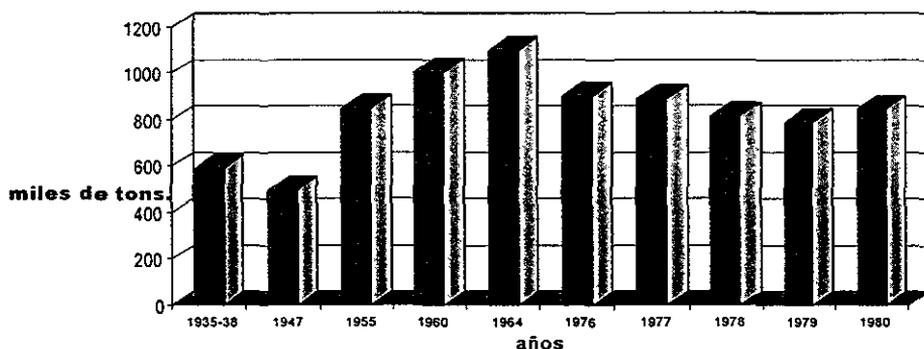


Figura No. 1.- Producción Mundial de Fibras Duras Fuente: García y De Sicilia, 1984

Producción reportada (miles de toneladas)										
FIBRAS	1935-38	1947	1955	1960	1964	1976	1977	1978	1979	1980
Abacá	188	125.7	115.5	103.7	107	151.2	161.9	142.6	125	141.2
Henequén	110.9	121.3	90.6	115.7	156	120.8	116.1	100.1	89.9	92.9
Sisal	236.6	219.6	453.3	556	625	426.8	402.8	377.6	366.7	417.6
Bonote			153.7	167.2	185.4	141.7	147	136.5	148.7	134.6
Otras	55.5	26.9	25.3	18	23	61.6	58.2	54.1	56.9	58
TOTAL	591.1	493.7	846.7	1,002	1096.4	902.1	886	810.9	787.2	844.3

Cuadro 1.- Producción mundial de fibras de abacá, henequén, sisal, bonote y otras fibras duras. Fuente: García y De Sicilia, 1984.

Para 1980 la producción total de fibras duras en el mundo ascendió a más de 844,000 toneladas, de las cuales el sisal representó por sí sólo el 49.46 % con 417,600 ton; en segundo lugar se ubicó el abacá con el 16.7 % y 141,200 ton., cuyo mercado se incrementó por el abastecimiento a la industria papelera por ésta fibra. El bonote logró ubicarse en el tercer lugar con sus 134,600 ton., las cuales representaron el 15.9 % de la producción. El sisal que en décadas pasadas dominaba el mercado mundial de las fibras duras, sólo alcanzó el 11.0 % de la producción con 92,900 ton. El porcentaje restante corresponde a 58,000 ton. de fibras de diversas especies, dentro de las que destacan el ixtle obtenido de otras especies de *Agave* (*Agave lechuguilla*, *A. angustifolia*, *A. funkiana*), el lino de Nueva Zelanda (*Phormium tenax*), y la cabuya (*Furcraea cabuya*) (García y De Sicilia, 1984; Orellana, 1984; Cruz, et al, 1985a).

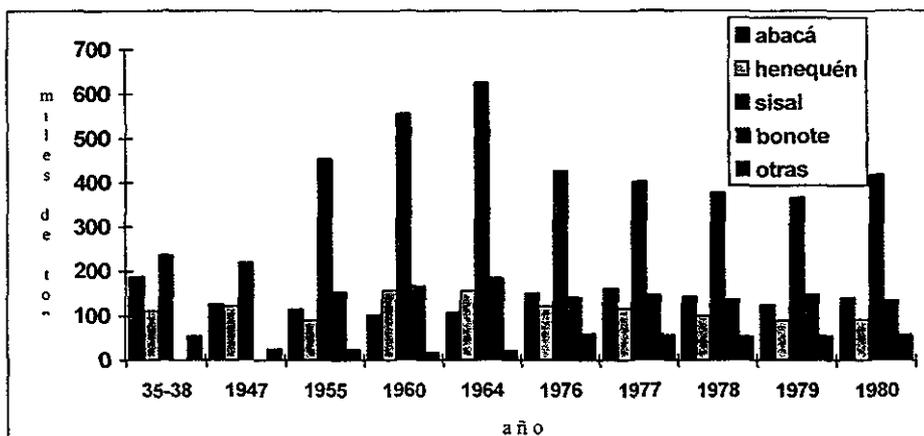


Figura 2.- Producción mundial de las principales fibras duras. Fuente: García y De Sicilia, 1984.

La producción de fibras duras en el mundo, desde principios de la década de los años 80, se concentra en cinco países que tienen el 70.5 % de la producción total. Brasil representa por sí sólo casi la cuarta parte de ésta cifra; Filipinas el 15.4 %, y Sri Lanka, Tanzania y México con poco más del 10 % cada uno, el porcentaje restante lo cubren otros países productores en menor escala como Kenia, Tanzania, Angola, Madagascar, Mozambique, Haití, Ecuador, Indonesia, India y Malasia (cuadro 2; fig. 3) (García y De Sicilia, 1984; Cruz, *et al*, 1985b).



Figura 3.- Países productores de las principales fibras duras: sisal, henequén, abacá y bonote. Fuente: García y De Sicilia, 1984

Nombre de la Fibra	Países Productores	Volumen de Producción (miles de ton.)	% de la Producción Mundial
Sisal	Brasil	205	24.3
	Tanzania	86	10.2
	Angola +		
	Kenia +		
	Madagascar +		
	Mozambique +		
	Haití +		
	Etiopia ++		
	Sudáfrica ++		
	Indonesia ++		
	Jamaica ++		
	Venezuela ++		
Rep. Dominicana ++			
Henequén	México	86.4	10.2
	El Salvador ++		
	Guatemala ++		
	Honduras ++		
	Nicaragua ++		
	Cuba ++		
Abacá	Filipinas	130	15.4
	Ecuador +		
	Costa Rica ++		
	Indonesia ++		
Bonote	Guinea Ecuatorial ++		
	Sri Lanka	88.2	10.4
	Indonesia +		
	India +		
	Malasia +		
	Filipinas +		
	Tailandia ++		
	Singapur ++		
	Kenia ++		
	Mozambique ++		
	Tanzania ++		
México ++			
Brasil ++			
Trinidad y Tobago ++			

Cuadro 2.- Países productores de las principales fibras duras del mundo (1980).

Fuente: Spencer, 1953, García y De Sicilia, 1984. Nota: + Medtanos productores, se carece de cifras. ++ pequeños productores, se carece de cifras.

De las principales fibras duras producidas en el mundo durante la década de los años ochenta, el sisal alcanzó el mayor porcentaje con el 59 %, siguiéndole en importancia las fibras de abacá (20 %) y henequén (13 %), lo cual se tradujo en volúmenes de exportación, que en algunos casos, como el del sisal, son idénticos con los porcentajes de producción, es decir, que la fibra de sisal producida, se destinó completamente a satisfacer las demandas del mercado internacional, mientras que para el resto de las fibras (de abacá, bonote y henequén), una porción del volumen producido se destino al mercado interno de los países que las produjeron y el resto se destinó a la exportación (fig. 4a y 4b).



Figura 4a.- Producción de las principales fibras duras en el mundo.
Fuente: García y De Sica, 1984

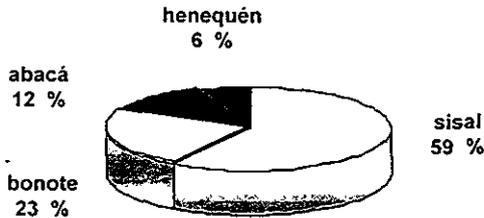


Figura 4b.- Exportación de las principales fibras duras en el mundo.
Fuente: García y De Sica, 1984.

FIBRAS VEGETALES EN MÉXICO.

Los indicios arqueobotánicos indican que hacia el año 10,800 a. C. en la Cueva de Güilá Naquitz, Oax., el hombre ya utilizaba fibras vegetales, lo cual se comprueba por la presencia de fibras de *Agave* entrelazadas, dichas fibras constituyen probablemente uno de los primeros indicios de la extracción de fibras en nuestro país (Flannery, 1986). Aunque quizá sea un uso derivado de la observación de su uso más antiguo como alimento.

En fechas posteriores aparecieron los primeros indicios de algunos instrumentos útiles elaborados con fibras de *Agave* y *Yucca*, sobre todo cordeles, redes y sandalias, hacia los años 9,000 a 7,000 a. C.; sin embargo, la utilización masiva de las fibras vegetales se incrementó con el auge del vestido y la consecuente elaboración de los primeros textiles hacia los años 1,300 a 800 a. C. (cuadro 3) (Crane y Griffin, 1958; Smith, 1967; Smith y Kerr, 1968; Schery, 1972; Mirambell, 1978; Nredemberger, 1978 y Mc Clung *et al.*, 1986).

Cronología (años a.C.)	Sitios de los Hallazgos.
10,800 a 8,600	Cueva de Güila Naquitz (Oax.). Restos de fibras de <i>Agave</i> entrelazadas * ¹
9,000 a 7,000	Cueva Espantosa (Coah.). Restos de redes, cordeles y sandalias * ²
8,700	Cueva de Santa Martha (Chis.). Restos de cordeles. * ²
8,700 a 8,200	Cueva de Ocampo (Tamps.). Restos de redes y cordeles. * ²
8,400 a 6,700	Cueva El Riego (Coxcatlán, Pue.) * ³
7,000 a 4,700	Cueva Abejas (Coxcatlán, Pue.) * ³
5,000 a 4,000	Ocupación La Perra (Tamps.). Restos de cestería y tejidos de fibras de <i>Agave</i> y <i>Yucca</i> * ²
1,300 a 800	Valle de México. Primeros textiles de fibras de <i>Agave</i> . Se inicia el auge del vestido * ⁴

Cuadro 3.- Principales sitios con indicios arqueobotánicos de utilización de fibras de *Agave* en México.
Fuentes *1 - Flannery, 1986; Nderemberger, 1978 *2 - Crane and Griffin, 1958 *3 - Smith, 1967 *4 - Mc Clung *et al*, 1986

La diversidad de ecosistemas en el territorio Mexicano ofrecieron al hombre una vasta gama de recursos vegetales que, aparte de alimento, satisficieron sus diversas necesidades de fibras vegetales para diferentes usos. Lo anterior se refleja en la cantidad de restos vegetales localizados en sitios de ocupación humana durante el periodo 8,400 a 4,700 años a.C., restos que pertenecen a cuatro familias diferentes de plantas, cinco géneros y nueve especies (Smith & Kerr, 1968) (cuadro 4).

El desarrollo tecnológico de la era protoagrícola y de la vida sedentaria, determinaron la especialización y la necesidad creciente de las fibras vegetales, de tal forma que, el ensayo y el error fueron necesarios para seleccionar las especies proveedoras con mayores rendimientos, mayor longevidad, con facilidad de obtención y por supuesto con mejores fibras.

En muchas regiones del país, desde esas fechas y hasta el momento se han empleado varias plantas para la obtención de fibras. En los estados del norte del país se emplean especies tales como palma samandoca (*Yucca carnerosana*), palma china (*Y. filifera*, *Y. decipiens*), palma pita (*Y. treculeana*) (Piña, 1971; Piña, 1980; Matuda y Piña, 1980), sacahuiste

Especie	Cueva en la que se localizó el Hallazgo
<i>Brahea dulcis</i>	El Riego; San Marcos y Coxcatlán
<i>Hechtia spp.</i>	Abejas; Santa María; Palo Blanco y Venta Salada
<i>Tillandsia sp.</i> y <i>T. dasyliiriifolia</i>	San Marcos y El Riego
<i>Beaucarnea gracilis</i>	Coxcatlán
<i>Agave sp.</i>	San Marcos; Palo Blanco; Ajalpan y Abejas
<i>Agave karwinskii</i>	Palo Blanco
<i>Agave kerchovei</i>	Palo Blanco
<i>Agave ghiesbreghtii</i>	Abejas; El Riego y Palo Blanco

Cuadro 4.- Principales restos de especies vegetales utilizadas como fuente de fibras duras, localizadas en el área de Tehuacán, Pue., México. Fuente. Smith, 1967.

(*Nolina microcarpa*) (Anónimo, 1975; Sheldon, 1980; Velázquez y Gómez, 1981), así como *Hesperaloë funifera* (McLaughlin & Schuck, 1991) y *Beschorneria rigida* (García-Mendoza, 1987). En Veracruz, Hidalgo y Puebla se utiliza pita (*B. yuccoides*) (García-Mendoza, 1987). En Puebla también se utilizan las hojas de izote (*Yucca periculosa*). En la costa del Golfo de México, de Veracruz a Campeche, y en la costa del Pacífico, de Nayarit a Chiapas, se emplean las hojas de la pita (*Aechmea magdalenae*) con el objeto de obtener fibras (Mesa y Villanueva, 1948; De los Santos, 1997.).

En Yucatán, se han utilizado el cahum (*Furcraea cahum*) y la cabuya (*F. cabuya*). En Chiapas y Guatemala se emplean *F. guatemalensis*, *F. samalana*, *F. quicheensis* y *Beschorneria albiflora* (García-Mendoza, 1987).

FIBRAS DE Agave.

Con el desarrollo de las grandes culturas prehispánicas de Mesoamérica, se establecieron en cultivo algunas de las especies productoras de fibras, entre las que destacan (en el Valle de México) *Agave salmiana* y *A. mapisaga*, las cuales aparte de servir (en su madurez) como fuente de la bebida-alimento pulque, sus hojas se destinaban para la obtención de fibras, que eran empleadas en la elaboración de hilos, cordeles, cuerdas, bandas, cintas, aparejos, textiles,

sandalías e incluso papel (Hernández, 1959; Gentry, 1982; Gobierno del estado de Hidalgo-Museo Nacional de Culturas Populares, 1988).

En pleno siglo veinte, algunas regiones del país siguen aprovechando especies de *Agave* (tanto silvestres como cultivados) para la obtención y utilización local y regional de la fibra comúnmente denominada ixtle (del náhuatl *ichtli* - filamento de las hojas del metl o maguey). En los estados del norte - San Luis Potosí, Zacatecas, Durango, Coahuila, Chihuahua, Nuevo León y Tamaulipas- se explota por recolección de las plantas silvestres la lechuguilla (*A. lechuguilla*), maguey cenizo (*A. americana*), maguey bruto o de mezcal (*A. scabra*), peinecillo o estoquillo (*A. striata*) y cuapilla o espadín (*A. striata* var. *falcata*) (Ramírez, 1932; Mesa y Villanueva, 1948; Rzedowski, 1964; Anónimo, 1975; Sheldon, 1980; Almaráz, 1984; De Caire, 1985), aunque recientemente se han encontrado otras especies que usan sobre todo los Tepehuanes de Durango, como son: *A. americana*, *A. americana* var. *marginata*, *A. angustifolia*, *A. duranguesis*, *A. multiflora* y *A. schidigera* (González y Galván, 1992).

En la península de Baja California se utilizan *A. deserti* y lechuguilla mezcal (*A. aurea*) (Gentry, 1982); en Nayarit y Sinaloa se emplean hojas de tepemetl (*A. angustifolia*) y de *A. geminiflora* (Gentry, 1982); en Jalisco maguey azul, maguey chato, maguey chino (*A. tequilana*) y *A. geminiflora* (Ramírez, 1932). En el Valle del Mezquital, Hidalgo, se utiliza *A. lechuguilla*, *A. striata* ssp. *striata*, *A. americana* var. *americana*, *A. salmiana* var. *salmiana*, *A. salmiana* ssp. *crassispina*, *A. mapisaga* y *A. peacockii* (Rangel, 1987).

En Veracruz se utilizan regionalmente zapupe y zapupe azul (*A. angustifolia*), ehpuqua o amole de raíz (*A. americana*), maguey de mezcal (*A. applanata*), ixtle de Tula o lechuguilla (*A. lophantha*) (Trelease, 1909; Ramírez, 1932; Cházaro, 1989). En Puebla se emplean maguey de cerro o lechuguilla (*A. triangularis*), maguey rabo de león (*A. kerchovi*), maguey manso (*A. salmiana*), maguey tunecho o maguey rabo de león (*A. peacockii*), maguey espadilla (*A. macroacantha*) y maguey candelillo (*A. karwinski*). En Morelos se emplea el maguey de espigas blancas (*A. horrida*). En Guerrero maguey teteleño o maguey de ixtle (*A. angustifolia*) y maguey cacalotentli (*A. angustiarum*) (Franco, 1991). En la península de Yucatán, sac-ki o henequén (*A.*

fourcroydes), yax-ki o henequén verdoso (*A. sisalana*) y sac-ki o henequén blanquesino (*A. angustifolia*) (Dodge, 1891; Ramírez, 1932; Mesa y Villanueva, 1948; Purseglove, 1972; Sisal Research Station, 1974; Orme, 1982; García y De Sicilia, 1984; Castorena, 1985; Cruz, *et al.*, 1985a; Cruz, *et al.*, 1985b; Colunga y May, 1993).

En otras regiones de la República Mexicana la utilización de las fibras de *Agave* es esporádica, aún cuando la riqueza de especies es grande (García-Mendoza, 1995).

En las comunidades del estado de Oaxaca, la obtención de fibras de *Agave*, se coloca como la actividad agroindustrial que le sigue en orden de importancia a la elaboración de Mezcal, y desde el punto de vista económico es la principal fuente de ingresos de cerca de 2,500 familias localizadas en cerca de 50 localidades de la entidad (Ramírez, 1986).

Las especies de las que se obtienen las fibras duras en Oaxaca, pertenecen a plantas cultivadas y silvestres del género *Agave*. Los procedimientos de obtención, dependen de la disponibilidad de agua en las comunidades y como resultado de dicho proceso se obtienen fibras de diferentes calidades y longitudes. La fibra obtenida es utilizada principalmente para la elaboración de diversos instrumentos agrícolas y domésticos, así como de artesanías.

ASPECTOS ANATÓMICOS DE LAS FIBRAS VEGETALES.

Cabe aclarar que los términos fibra, fibra vegetal, fibras duras, fibras blandas, fibras largas y fibras cortas que se emplean comúnmente en el presente trabajo NO se refieren estrictamente al concepto anatómico de las plantas, por tanto no deberán confundirse.

En las angiospermas, las verdaderas fibras vegetales, desde el punto de vista anatómico, son células muy largas y estrechas con paredes gruesas y protoplasto ausente en la madurez, que junto con las traqueidas y los vasos se encargan del sostén de la planta. Son abundantes tanto en el xilema como en el floema (Esau, 1972).

Las fibras miden de uno a 250 mm. de longitud y sólo de 1/100 a 6/100 mm. de ancho, con paredes frecuentemente de 1/100 mm de espesor (Schery, 1972).

Las fibras vegetales, como se mencionó con anterioridad, contienen esencialmente celulosa y se distinguen de las fibras animales que están compuestas fundamentalmente de proteína, por su naturaleza química y por su fuente de obtención. Esta diferencia química fundamental determina las diferentes reacciones de unas y otras cuando están expuestas al calor, a la humedad, a productos químicos, o a la degradación por organismos vivos. Por ejemplo, las moléculas de celulosa no están sujetas a la desnaturalización por las altas temperaturas, lo cual sí sucede con las proteínas de las fibras animales. Aunque en otros casos, éstas últimas resultan mejores que las vegetales, como en el caso de la tinción, en donde la complejidad de las moléculas de proteína promueven la afinidad por las tintas, mientras que las fibras vegetales requieren de tratamientos relativamente elaborados para asegurar la adherencia del color (Blunden & Jewers, 1973; Simpson y Conner, 1986).

CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE ALGUNAS FIBRAS DURAS.

En México, las industrias derivadas de las fibras tienen preferencia por las fibras duras de *Agave*, su facilidad de abastecimiento, aunque también por la disponibilidad del recurso, pero sobre todo por sus características fisicoquímicas, las cuales permiten su uso en la elaboración de artículos como cuerdas, sogas, redes y costales, destinados al manejo y desgaste continuos.

Su composición química permite que los utensilios elaborados con estas fibras adquieran mayor durabilidad debido tanto al alto porcentaje de celulosa como al bajo contenido de

Compuesto reportado	<i>Agave fourcroydes</i>	<i>Musa textilis</i>	<i>Phormium tenax</i>
% de Celulosa	65.8 a 72	63.2	45.1
% de Hemicelulosa	12 a 13	19.6	30.1
% de Pectina	0.8 a 1	0.5	0.7
% de Lignina	9.9 a 11	5.1	0.7
% de Sustancias Hidrosolubles	1.2	1.4	2.2
% de Grasas y Ceras	0.3 a 3	0.2	0.7
Contenido de Agua (%)	10 a 10.2	10	10

Cuadro 5.- Composición química de *Agave fourcroydes*, *Musa textilis* y *Phormium tenax*.

Fuente Bally and Tobler, 1955; Menezes y Azzari, 1985; Villalvazo et al., 1985

hemicelulosa, que como es sabido resulta poco asimilable para los microorganismos, asegurando así el uso por mucho más tiempo.

Además de lo anterior cabe señalar que el elevado contenido de lignina (comparado con las fibras de *Musa textilis* y *Phormium tenax*; cuadro 5), permite que estas fibras puedan soportar la acción mecánica a las que se someten durante los procesos de tensión que cotidianamente soportan (cuadro 6).

Fibras	Peso por yarda (gr)	Rompimiento a la tensión (MPa)	Rompimiento (N/mm).
<i>Musa textilis</i>	0.772	34.8	45
<i>Agave fourcroydes</i>	0.765	16.7	21.8
<i>Agave sisalana</i>	0.616	22.7	38.4
<i>Phormium tenax</i>	0.659	18.8	28.5
<i>Agave lespinassei</i>	0.722	21.5	29.7
<i>Furcraea cabuya</i>	0.574	20	32.2

Cuadro 6.- Características físicas de las fibras de *Agave fourcroydes*, *A. sisalana*, *A. lespinassei*, *Musa textilis*, *Phormium tenax* y *Furcraea cabuya*. Fuente Mesa y Villanueva, 1948

Por estas características las fibras de *Agave*, sobre todo de *A. fourcroydes* (henequén), compiten y superan, tanto en la industria nacional como en el ámbito internacional, a las fibras de *Musa textilis* (abacá) y de *Phormium tenax* (lino de Nueva Zelanda), como se observa en los cuadros 5 y 6 (Mesa y Villanueva, 1948; Bally y Tobler, 1955; Belmares *et al.*, 1985; Menezes y Azzini, 1985; Villalvazo *et al.*, 1985).

CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS VEGETALES.

Las fibras vegetales pueden clasificarse desde varios puntos de vista: ya sea por su importancia económica o por su estructura y disposición en los órganos de las plantas que las contienen (Acosta, 1952; Robles, 1980).

☼ CLASIFICACIÓN ECONÓMICA.- Comprende a los cinco grupos siguientes (anexo 1):

1).- *Fibras textiles.* Incluye todos aquellos materiales empleados en la industria textil y en la cordelería, se subdividen en fibras duras y suaves, en el primer caso está el henequén y en el segundo las fibras obtenidas del algodón.

2).- *Fibras para escobas y cepillos.* Comprende las fibras flexibles y resistentes y/o fibras duras y cortas, por ejemplo: fibras de lechuguilla.

3).- *Pajas fibrosas.* Incluye los materiales para tejidos resistentes, tales como asientos de sillas, sandalias, sombreros y cestería en general, por ejemplo: palma real.

4).- *Fibras para relleno.* Aquí quedan incluidas todas aquellas fibras largas y cortas, flexibles y duras, cuyo único uso puede ser el de relleno, se utilizan para colchones, almohadas y como material de empaque y protección, por ejemplo: fibra de coco.

5).- *Fibras para la industria del papel.* Comprende a las fibras de la madera y las fibras floemáticas textiles, obtenidas de angiospermas y gimnospermas.

☼ CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL.

Desde el punto de vista estructural, las fibras vegetales se clasifican en los siguientes tres grupos:

I).- *Fibras largas o múltiples,* incluye dos subgrupos:

a).- *Fibras duras o foliares,* de textura rígida y dura, que se extienden a lo largo de los tejidos carnosos de las hojas largas o del pseudopeciolo de las monocotiledóneas, sobre todo agaváceas, musáceas y ciertas arecáceas.

b).- *Fibras suaves o liberianas,* de textura flexible y suave, que atraviesan la corteza interior de los tallos o del tronco principal de las plantas, sobre todo monocotiledóneas.

II).- *Fibras cortas,* como las que existen en ciertas semillas o las que se producen en el interior de los frutos capsulares, sobre todo de bombacáceas y asclepiadáceas.

III).- *Órganos fibrosos* como las fibras radiculares de ciertas poáceas o plantas completas como algunas bromeliáceas.

Considerando todo lo anteriormente expuesto sobre las fibras duras y debido a que estas mismas han representado y representan una parte importante de la economía campesina de

algunas regiones del país, como Oaxaca, Yucatán, el noreste del país, el norte de Veracruz, etc., se propone el presente estudio en Oaxaca, la entidad federativa con la mayor riqueza de agaváceas de la República Mexicana (García-Mendoza & Galván, 1995) y en donde se localiza el mayor número de especies utilizadas para la extracción de fibras duras.

ÁREA DE ESTUDIO.

El estado de Oaxaca, situado en el sur del país, en la vertiente del Océano Pacífico, cuenta con una extensión territorial de 95,364 km², ocupando por su extensión el quinto lugar entre los estados de la República Mexicana, con el 4.85 % del territorio nacional. Limita con Puebla y Veracruz al norte, Guerrero al oeste, Chiapas al este y al sur con el Océano Pacífico. Políticamente se divide en ocho regiones, 30 distritos y 570 municipios con 7,210 localidades (Anónimo, 1995).

La topografía de la entidad se caracteriza por ser la más accidentada del territorio nacional. Está constituida por una serie de cadenas montañosas y contrafuertes que forman innumerables sistemas orográficos secundarios. Destacan por su extensión tres formaciones que recorren y conforman al estado: 1) Sierra Madre del Sur, 2) Sierra Madre de Oaxaca y 3) Sierra Atravesada.

1).- Sierra Madre del Sur.- Ingresa a la entidad desde Guerrero, corre paralela a la costa con dirección NO-SE y forma dos brazos, a ambos lados del río Mixteco, hasta unirse con la Sierra Madre de Oaxaca en las inmediaciones del distrito de Yautepec, en la cuenca del río Tehuantepec. Tiene una anchura media de 150 km. y una altitud promedio de 2,000 m.s.n.m.

2).- Sierra Madre de Oaxaca.- Corre en dirección NE-SE proveniente de Puebla y Veracruz, hasta diluirse en lomeríos bajos que se conectan directamente con la Sierra Atravesada. Constituye el parteaguas continental en la entidad. Tiene una longitud aproximada de 300 km., una anchura promedio de 75 km. y una altitud de 2,500 m.s.n.m.

3).- Sierra Atravesada.- Es la cadena de poca elevación aproximadamente 1,000 m.s.n.m., que atraviesa de O a E el distrito de Juchitán en el Istmo de Tehuantepec, la cual se continúa formando un solo complejo con la Sierra Madre de Chiapas (González, 1962 y Ferrusquía & Villafranca, 1993).

Cinco grandes ríos existen en Oaxaca (Papaloapan, Coatzacoalcos, Mixteco, Verde y Tehuantepec). La cuenca del río Papaloapan drena de la Sierra Madre de Oaxaca, corre a través del cañón del Tomellín y desemboca en el Golfo de México, al igual que el río Coatzacoalcos que

desagua la porción norte de la Sierra Atravesada. Hacia el NO de la entidad, varios afluentes forman el río Mixteco, tributario del Balsas. El río Verde nace en el Valle de Oaxaca con el nombre de Atoyac, cruza la Sierra Madre del Sur y desemboca en un estuario al E de la laguna de Chacahua. El río Tehuantepec se origina entre la Sierra Madre de Oaxaca y la Sierra Madre del Sur a la altura del distrito de Miahuatlán y desemboca en la bahía de La Ventosa en el Golfo de Tehuantepec (Campos *et al.*, 1992).

La complejidad topográfica existente en la entidad, condiciona la variabilidad climática de la misma, sobre todo de tres de los grandes grupos de climas: A, B y C. De los climas cálidos o A, los Aw son los de mayor interés para este trabajo, los Aw₁ cubren una considerable porción de la planicie costera del Pacífico, así como pequeñas extensiones de los distritos de Pochutla, Tehuantepec y Juchitán hasta los alrededores del Mar Muerto. Los Aw₀ se intercalan en la Costa con los Aw₁ hasta el borde de las Lagunas Superior e Inferior (Ferrusquía & Villafranca, 1993).

Los climas A(C)w₁ cubren extensas zonas en la región de la Mixteca y pequeñas áreas en la Sierra Madre de Oaxaca en su conexión con la región de la Cañada. Por su parte los A(C)w₀ cubren el extremo NO de la entidad y las estribaciones de los Valles Centrales con la Sierra Sur y con la Sierra Norte.

Los climas B o secos en sus variantes BS (seco estepario) cubren extensas porciones de los Valles Centrales, Sierra Sur y Cañada. El BS₀ (el más seco de los esteparios), cubre el NO de la Cañada, mientras que el BS₁ se localiza en los Valles Centrales y en la Sierra Sur (Flores y Manzanero, 1987).

De los climas del grupo C o de los templados, solo las tres variantes del subtipo Cw o templado con lluvias en verano son las que se localizan en la entidad. Cw₀ se localiza en los distritos de Coixtlahuaca y Teposcolula, el Cw₁ ocupa los límites entre los distritos de Teposcolula y Tlaxiaco y el Cw₂ cubre las regiones elevadas de las Sierra Madre de Oaxaca y Sierra Madre del Sur (Flores y Manzanero, 1987).

Los suelos, resultado de la interacción topográfica-geológica-climática, son en extremo variables, en general corresponden a diversos tipos de andosoles, acrisoles y litosoles (Campos *et al.*, 1992).

De acuerdo a Lorence & García-Mendoza (1989) en el área de estudio, particularmente en los alrededores de las poblaciones muestreadas, se observan los siguientes tipos de vegetación, con diferentes grados de perturbación:

☉ Selva baja caducifolia, caracterizada por sus bajas precipitaciones en 8 de los 12 meses del año, así como por sus altas temperaturas, principalmente en los distritos de Yautepec, Sola de Vega y la porción centro-sur de Tlacolula.

☉ Bosque de *Quercus*, sobre todo representado por encinos que toleran las condiciones templadas de las regiones secas, localizado en la mayor parte del área de influencia, en los distritos de Villa Alta, Ixtlán, Miahuatlán y las partes por arriba de los 1,200 m s.n.m. en Sola de Vega.

☉ Matorral xerófilo, cuyos elementos dominantes son arbustos de pequeñas hojas coriáceas, muchas veces decíduos y espinosos, distribuido principalmente en los distritos de Nochixtlán, la porción oeste de Teposcolula, gran parte de Tlacolula, Ejutla y Miahuatlán.

Tomando en cuenta las características fisiográficas, climáticas, edafológicas y de tipos de vegetación de la región de estudio, se plantean los siguientes objetivos con el propósito de tener mayor conocimiento sobre las fibras duras de *Agave* en el estado de Oaxaca.

O B J E T I V O S

OBJETIVO GENERAL:

Determinar las características mecánicas de las fibras duras de *Agave*, las regiones y poblaciones del estado de Oaxaca en donde se desarrolla dicha actividad, así como las formas de obtención y uso del recurso.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Colectar y determinar taxonómicamente las especies de *Agave* productoras de fibras duras.
- Determinar los usos y nombres comunes de las especies productoras de fibras duras en las diferentes regiones de Oaxaca donde se desarrolla ésta actividad.
- Reconocer y diferenciar los procesos de obtención de fibras duras.
- Realizar las determinaciones fisicoquímicas básicas y de resistencia de las fibras duras de mayor utilización.
- Identificar los mejores métodos tradicionales para la producción de fibras duras.

HIPÓTESIS

Dado que en el estado de Oaxaca existe una larga tradición en la extracción y uso de las fibras, se espera que, las poblaciones humanas hayan seleccionado a lo largo de su historia, especies de *Agave* para sus actividades, con las fibras más resistentes y lo suficientemente flexibles. Y puesto que los métodos de obtención empleados son diversos, se espera que estos mismos están influyendo directamente en la calidad, deformación, resistencia y durabilidad de las fibras referidas.

METODOLOGÍA.

El trabajo se desarrolló en tres etapas básicas: 1) trabajo de gabinete, 2) trabajo de campo 3) trabajo de laboratorio.

① En esta primera etapa se realizaron dos actividades básicamente: la revisión bibliográfica y el trabajo de herbario y jardín botánico. La primera de las actividades referidas se desarrolló con el objeto de recopilar la mayor parte de la información que sobre la biología de los agaves y sus fibras duras existe en la literatura, lo cual contribuyó a la delimitación de la temática y el reforzamiento de los objetivos a desarrollar.

Por su parte el trabajo de herbario y jardín botánico se realizó consecutivamente con el trabajo de campo conforme al siguiente procedimiento: los ejemplares para herbario y jardín botánico correspondientes a las especies de *Agave*, así como a sus variedades (en su caso), productoras de fibras duras en Oaxaca, colectadas en campo, se determinaron con las claves de Gentry (1982) y Palma (1991). Los ejemplares para herbario se depositaron en el Herbario Nacional (MEXU) y duplicados en el Herbario de Instituto Tecnológico de Oaxaca, mientras que los ejemplares para jardín botánico, se sumaron a la Colección Nacional de agaváceas del Jardín Botánico del Instituto de Biología de la U.N.A.M.

② El trabajo de campo fue la etapa que más tiempo empleó en la realización del presente estudio. El objeto de esta etapa consistió en el reconocimiento de los procesos de obtención de fibras duras de *Agave*, los instrumentos y herramientas utilizados en cada paso del proceso, los

materiales de los que están hechos todos los instrumentos, las especies de *Agave* de las que se obtienen las fibras, así como sus nombres regionales.

Así mismo se obtuvieron muestras de: fibras para los análisis físicos de las mismas, objetos y/o herramientas manufacturados con las fibras obtenidas, ejemplares para herbario y jardín botánico de las especies productoras.

Para la obtención de la información en el campo, se utilizó la técnica que comúnmente se emplea en los trabajos etnobotánicos: la entrevista abierta (Hernández X., 1978; Gispert *et al.*, 1979; Toledo, 1982), para lo cual se elaboró un cuestionario base (anexo 2) en donde se consideraban todas las posibles preguntas que permitieran obtener la información referente a los procesos de obtención, las especies productoras y la descripción de cada una de las actividades involucradas en la producción ixtlera de la entidad. El cuestionario se repasaba antes de realizar todas las entrevistas, con el objeto de uniformizar la información sobre los procesos de producción de ixtle en Oaxaca. Los distritos y localidades (poblados) visitados se identificaron considerando la información obtenida previamente de pláticas con los productores, investigadores de campo y bibliografía disponible, visitándose en total nueve distritos.

③ El trabajo de laboratorio se describe en la sección referida a las pruebas mecánicas (pág. 57)

R E S U L T A D O S

COMUNIDADES PRODUCTORAS

Las comunidades del estado de Oaxaca en las que las actividades relacionadas con producción y manufactura de las fibras duras de *Agave* se siguen desarrollando, pertenecen cuatro de las ocho regiones de la entidad: Sierra Norte, Mixteca, Valles Centrales y Sierra Sur sobre todo en los distritos de Villa Alta, Ixtlán, Teposcolula, Nochixtlán, Ejutla, Tlacolula, So. de Vega, Miahuatlán y Yautepec (cuadro 7 y figura 5).

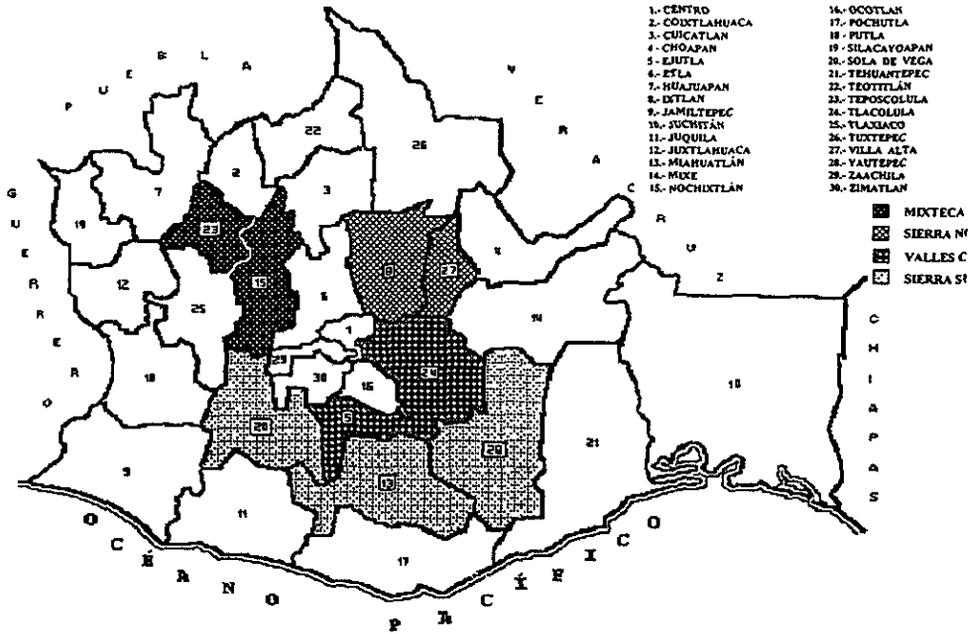


Figura 5.- Distritos productores de fibras duras de *Agave* en el estado de Oaxaca.

A continuación se describen brevemente cada una de éstas regiones para ubicar a comunidades productoras y transformadoras de ixtle de la entidad Oaxaqueña.

REGIÓN DE LA SIERRA NORTE.

La Sierra Norte es una de las regiones del estado de Oaxaca con la más alta productividad de fibras duras de *Agave*. Se localiza al E-NE de la capital del estado y está integrada por tres

REGIÓN	DISTRITOS
Sierra Norte	Villa Alta Ixtlán
Sierra Sur	Sola de Vega Yautepec Miahuatlán
Mixteca	Teposcolula Nochixtlán
Valles Centrales	Ejutla Tlacolula

Cuadro 7.- Regiones y distritos del estado de Oaxaca en donde se desarrolla la actividad ixtlera.

distritos: Ixtlán, Villa Alta y Mixe. El clima en esta región va desde el templado subhúmedo con lluvias en verano hasta el seco semihúmedo con precipitaciones escasas en verano, sin embargo, en las porciones más alta de ésta Sierra, las precipitaciones alcanzan 1,600 mm. al año, lo cual contribuye a la disponibilidad de agua en las partes bajas. La altitud es sumamente variable aunque se puede decir en términos generales que va desde 800 a 3,000 m.s.n.m., aunque la mayor parte de los asentamientos humanos se localiza alrededor de la cota de los 1,500 m.

La vegetación natural aún es muy abundante en las partes altas de la sierra y en el fondo de las cañadas, destacándose el bosque de *Pinus*, el bosque de *Quercus*, la selva baja caducifolia y el matorral xerófilo.

Las comunidades indígenas de esta región son Zapotecas, en los distritos de Ixtlán y Villa Alta, y Mixes en el distrito Mixe. El desarrollo de la actividad ixtlera solo se detectó en las comunidades zapotecas pertenecientes a Villa Alta e Ixtlán (cuadro 8), las cuales se han dedicado por largo tiempo a la elaboración de artículos de ixtle, especialmente artesanías como morrales y redes. Los volúmenes de producción de estos artículos han determinado el que los habitantes de estos pueblos tengan que cultivar sus agaves para poder satisfacer o contribuir a cubrir la demanda regional de esta materia prima.

REGIÓN MIXTECA.

Esta región la integran siete distritos, sin embargo en sólo dos de ellos aún se practica en forma incipiente la actividad ixtlera: Nochixtlán y Teposcolula. Esta subregión se localiza

aproximadamente a 60 km al noroeste de la Ciudad de Oaxaca. El clima predominante es el más seco de los templados, con lluvias escasas en verano.

LOCALIDAD	No. de productores de ixtle
DISTRITO DE VILLA ALTA:	
Sto. Domingo Xagacia	300
San Pablo Yaganiza	150
Tavehua (Mpio. de San. Andrés Solaga)	20
San Mateo Cajonos	15
San Francisco Cajonos	10
San Pedro Cajonos	10
San Bartolomé Zoogocho	10
DISTRITO DE IXTLAN:	
Sta. Catarina Yahúio (Mpio. de Santiago Laxopa)	80
San Sebastián Güilaxi (Mpio. de Santiago Laxopa)	20

Cuadro 8.- Comunidades indígenas de la Sierra Norte en donde se desarrolla la actividad ixtlera.

Las altitudes de esta zona fluctúan entre 1,800 y 2,800 m s.n.m., aunque la mayoría de las comunidades se localiza alrededor de la cota de los 2,000 m. La vegetación de la región solo tiene algunos manchones aislados que ocupan las cimas de las grandes elevaciones o los fondos de las cañadas. Principalmente se distinguen el matorral xerófilo (que es el que cubre la extensión más grande), el bosque de *Quercus* y el bosque de *Pinus*.

La mayor parte de la población de las comunidades de ésta región son mestizos, que, debido a factores socioeconómicos adversos, tienden a migrar en busca de nuevas expectativas de vida. Lo anterior ha determinado que sean pocas las poblaciones en donde se siga practicando de manera sistemática la actividad ixtlera, encontrándose que solo en tres comunidades del distrito de Teposcolula y en tres del Distrito de Nochixtlán se continúe con el proceso de obtención de ixtle, como se presenta en el cuadro 9.

Sin embargo aunque se tiene el registro de las comunidades productoras de ixtle, el número de personas dedicadas a ésta actividad fluctúa año con año. Los únicos datos más o menos constantes son de la segunda y tercer localidades del distrito de Teposcolula, en donde el número de productores es 10 a 15 y 20 a 30 respectivamente.

DISTRITO	LOCALIDADES PRODUCTORAS DE FIBRAS DE <i>Agave</i>
TEPOSCOLULA	Santiago Teotongo San Pedro Nopala Yosocuno (Mpio. de San Pedro Nopala)
NOCHIXTLAN	San Miguel Piedras Yutanduchi de Guerrero Poblado Morelos (Mpio. de Asunción Nochixtlán).

Cuadro 9.- Comunidades de la región de la Mixteca en donde se desarrolla la actividad ixtlera.

REGIÓN DE LOS VALLES CENTRALES.

La región de los Valles Centrales está integrada por siete distritos, de los cuales solo dos mantienen vigente su actividad productora y transformadora: Ejutla y Tlacolula. Estos distritos se localizan en la porción central de la entidad y son de las pocas regiones de Oaxaca con sitios planos, aunque en realidad la topografía va desde sitios completamente planos entre los 1,350 y 1,600 m s.n.m., hasta grandes elevaciones en su colindancia con la Sierra Norte (en el distrito del Centro) hasta de 3,000 m s.n.m. Esta diversidad altitudinal condiciona a su vez una gran variabilidad climática que va desde el tipo de clima más seco de los BS (o secos esteparios) sobre todo en las regiones planas de los Valles, hasta los templados húmedos, del tipo C_w , en las porciones más altas de la periferia de esta región.

La vegetación natural de los Valles Centrales es muy escasa en las regiones planas, toda vez que constituyen la región agrícola más importante de la entidad, sin embargo aún se puede reconocer que en su mayor parte estuvo integrada por matorral xerófilo. En las zonas de pie-demente se conservan medianamente bosques secos de *Quercus*, bosque tropical caducifolio en el fondo de las cañadas, y en las porciones más altas, bosques de *Pinus-Quercus* y bosques de coníferas.

Como se mencionó anteriormente esta región es la que conforma la región agrícola más importante del estado. La agricultura que se practica es en su mayor parte de temporal (en más de un 70 %) y de subsistencia. Los cultivos más comunes son el maíz, frijol, calabaza, hortalizas.

forrajes y las plantaciones agroindustriales de magueyes mezcaleros (*Agave spp.*), higuera (*Ricinus communis*), tabaco (*Nicotiana tabacum*) y cempasúchil (*Tagetes erecta*).

La mayoría de las comunidades, sobre todo de la porción sur de los Valles Centrales, son Zapotecas, aunque también ésta región es la que más influencia mestiza presenta en toda la entidad. Cabe señalar que la actividad económica más destacada, se refiere a la agricultura, siguiéndole en importancia la de los servicios y la actividad agroindustrial.

En el último rubro mencionado, se encuentra en primera instancia la actividad magueyera y mezcalera, la cual junto con la introducción de fibras sintéticas y fibras naturales importadas de otras regiones de la entidad y de otros estados del país, han reducido alarmantemente la actividad ixtlera de los Valles Centrales. Sin embargo aún sobreviven unos cuantos productores de fibras de *Agave* y de manufactureros de artículos de ixtle en las siguientes localidades (cuadro 10):

LOCALIDAD	No. de productores de ixtle
DISTRITO DE EJUTLA: San Agustín Amatengo	15
DISTRITO DE TLACOLULA: San Pablo Güila (Mpio. de Santiago Matatlán)	20

Cuadro 10.- Comunidades de la región de los Valles Centrales en donde se desarrolla la actividad ixtlera.

REGIÓN DE LA SIERRA SUR.

La Región denominada como Sierra Sur se ubica hacia el sur-sureste de los Valles Centrales, está integrada por los distritos de Putla, Sola de Vega, Míahuatlán y Yautepec. La topografía de ésta región es sumamente accidentada y conformada por uno de los brazos terminales de la Sierra Madre del Sur, misma que se une a la Sierra Madre de Oaxaca en las inmediaciones del distrito de Yautepec. Esta condición ha determinado que las altitudes sean en extremo variables (entre 800 y 2,700 m.s.n.m.), aunque el promedio permanece cercano a los 2,000 m.s.n.m.

El clima también es muy contrastante pudiéndose encontrar desde sitios con clima semicálido subhúmedo [A(C)w₀] sobre todo en el distrito de Putla, hasta clima seco (BS₀) en la colindancia de esta región con los Valles Centrales. Los tipos de vegetación son igualmente contrastantes y es posible encontrar bosque tropical subperennifolio, bosque mesófilo de montaña, bosque de coníferas, bosque de *Quercus*, bosque tropical caducifolio y matorral xerófilo.

Las comunidades de la Sierra Sur son Zapotecas en su mayoría, aunque también las hay Mixtecas (en el distrito de Putla) y Chontales (en el distrito de Yautepec). La actividad económica más destacada es la agricultura, siguiéndole en importancia la actividad agroindustrial y la de servicios. Los cultivos más abundantes son los básicos (maíz, frijol, calabaza y chile) y los agroindustriales (higuerilla y maguey).

La actividad ixtlera permanece activa en los distritos de Sola de Vega, Miahuatlán y Yautepec (cuadro 11):

DISTRITO	LOCALIDADES PRODUCTORAS DE FIBRAS DE <i>Agave</i>
SOLA DE VEGA	San Juan Sola (Mpio. de Villa Sola de Vega)
	San Miguel Sola
	Reyes Sola (Mpio. de Villa Sola de Vega)
	San Jacinto Tlacotepec
	Santa Cruz Zenzontepec
	San Mateo Yucutindoo
	San Francisco Cahuacoa
MIAHUATLAN	San José del Peñasco
	San José Lachiguiri
YAUTEPEC	Santa Ana Tavela
	San Juan Lajarcia
	San Pedro Mártir Quiéchapa
	San Pedro Tepalcatepec

Cuadro 11.- Comunidades de la Sierra Sur en donde se desarrolla la actividad ixtlera.

Sin embargo, aún siendo la región con el mayor número de comunidades ixtleras, la mayor parte de la producción es de autoabasto, es decir muchas veces no se registra un número exacto de

productores, porque la actividad se realiza cuando existe la necesidad de contar con un instrumento de ixtle, generalmente un lazo o una reata.

Las comunidades más destacadas por su producción de fibras duras son Santa Cruz Zenzontepec con 50-60 productores y Reyes Sola (Villa Sola de Vega) con 10-20 productores.

ESPECIES UTILIZADAS

Las especies del género *Agave* que se emplean para la obtención de fibras duras en el estado de Oaxaca son cuatro, tres taxa son del subgénero *Agave*: *A. americana* var. *oaxacensis*, *A. americana* var. *americana* y *A. angustifolia* y dos del subgénero *Littaea*: *A. angustiarum* y *A. kerchovei* (cuadro 12).

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	DISTRITO
<i>Agave americana</i> L. var. <i>oaxacensis</i> Gentry	DUA-BSUG (Zapoteco)	Villa Alta
<i>Agave americana</i> L. var. <i>americana</i> .	DUA-YESH (Zapoteco)	Villa Alta
<i>Agave angustifolia</i> Haw.	DUA-PCHEZ (Zapoteco)	Villa Alta
	DUA-YA-DO (Zapoteco)	Villa Alta
	MAGUEY ESPADÍN	Ejutla, Tlacolula, Sola de Vega, Miahuatlán, Yautepec, Ixtlán y Villa Alta
<i>Agave angustiarum</i> Trel.	MAGUEY DE ESPADILLA	Teposcolula
<i>Agave kerchovei</i> Lem.	LECHUGUILLA SUAVE	Teposcolula y Nochixtlán
	MAGUEY JABALÍ	Sola de Vega y Ejutla
	LECHUGUILLA DURA	Teposcolula y Nochixtlán
	MAGUEY ESCOBETA	Teposcolula y Nochixtlán
	DOBA-GU (Zapoteco)	Sola de Vega

Cuadro 12.- Especies del género *Agave* empleadas en la obtención de fibras duras en el estado de Oaxaca y los distritos donde se emplean

El grado de utilización de cada una de ellas, depende de su disponibilidad en las diferentes regiones en donde se practica la actividad ixtlera, como a continuación se describe:

Agave americana L.

Especie originaria del norte del país, solo se le conoce de cultivo, la variedad *oaxacensis* es cultivar conocido sólo del estado de Oaxaca. *A. americana* var. *americana* (fig. 6) y *A.*

americana var. *oaxacensis* (fig. 7) se utilizan casi exclusivamente en la Sierra Norte, sobre todo en Santo Domingo Xagacia, en donde se les conoce por sus nombres en zapoteco (cuadro 12).



Figura 6.- *Agave americana* var. *americana*, cultivado en la Sierra Norte para la producción de fibras duras.

En esta región los agaves crecen en plantaciones que están mezclados con los cultivos básicos de maíz, frijol, calabaza y chile. La producción ixtlera se realiza como una actividad complementaria en la que participan prácticamente todos los integrantes de la familia.

La presencia de un gran número de productores (poco más de 600) en ésta porción del estado, demanda la existencia de una gran cantidad de plantas-fuente de materia prima, para lo cual se han establecido plantaciones en casi todos los alrededores de las comunidades. Área que por sus características de intercalado, ocupa grandes extensiones. Los propágulos empleados para la

plantación se obtienen de vástagos de las plantas adultas y en desarrollo (propágulos asexuales, vegetativos). La utilización de plantas maduras ha evitado que se produzcan estructuras de



Figura 7.- *Agave americana* var. *oaxacensis*, cultivado en la Sierra Norte para la producción de fibras duras.

reproducción sexual (inflorescencias) lo que impide la variabilidad genética dentro de las poblaciones.

Agave angustifolia Haw.

Es la especie productora de fibras duras más ampliamente distribuida en las comunidades ixtleras de la entidad Oaxaqueña. Se localiza frecuentemente como elemento de los bosques tropicales caducifolios y de los bosques de pino-encino, desde el nivel del mar y hasta los 2,500 m s.n.m., aunque también es la especie más ampliamente cultivada en Oaxaca. En casi todo el estado se le conoce comúnmente como MAGUEY ESPADÍN y ocasionalmente como MAGUEY

DE ESPADILLA. Su amplia distribución se debe a su utilización con doble propósito: para obtener fibras duras, lo cual se realiza durante cuatro o cinco años del desarrollo de la planta, y para la producción de mezcal al término de su ciclo de vida. Generalmente forma plantaciones mixtas con cultivos básicos o con otras especies de *Agave* como *A. karwinskii* forma miahuatlán y *A. americana*. Éstos se desarrollan en sitios con pendientes pronunciadas de suelos poco profundos y muy pedregosos y ocasionalmente en terrenos casi planos (como en los Valles Centrales).

Agave angustiarum Trel.

Esta especie se localiza principalmente como uno de los componentes del bosque tropical caducifolio y del matorral xerófilo, entre los 600 y los 1,900 m s.n.m., sobre todo en la porción oeste y centro de la entidad, así mismo se le cultiva como cerco vivo en los distritos con climas BS de la región de la Sierra Sur. Se utiliza principalmente en algunas comunidades de la Mixteca, sobre todo en San Pedro Nopala, Santiago Teotongo, Yosocuno (distrito de Teposcolula), Yutanduchi de Guerrero, San Miguel Piedras y Poblado Morelos (fig. 8) (distrito de Nochixtlán). Regionalmente se le conoce como LECHUGUILLA SUAVE.



Figura 8.- *Agave angustiarum* se cultiva y crece de manera natural en varios distritos del estado de Oaxaca para la producción de fibras duras

Crece en forma natural formando grandes colonias en sitios con matorral xerófilo o en el bosque tropical caducifolio, aunque en las localidades donde se le utiliza, con frecuencia se encuentra semicultivado formando cercos vivos alrededor de las casas o delimitando los terrenos de cultivo (fig. 8). Sin embargo para la obtención de fibras duras se prefiere a las plantas silvestres.

Agave kerchovei Lem.

Al igual que *A. angustiarum*, esta especie es uno de los componentes del matorral xerófilo y del bosque tropical caducifolio, aunque también se localiza en el ecotono de este último tipo de vegetación y del bosque de pino-encino, sobre todo en la Sierra Madre de Oaxaca, Valles Centrales, Mixteca y Sierra Sur. Es otra de las especies productoras de ixtle en Oaxaca, particularmente se emplea en San Agustín Amatengo (distrito de Ejutla), San Juan Sola, San Miguel Sola, Reyes Sola, San Mateo Yucutindoo, San Francisco Cahuacoa (del distrito de Sola de Vega), San José Peñasco, San José Lachiguiri (distrito de Miahuatlán), Santa Ana Tavela, San Pedro Tepalcatepec, San Pedro Mártir Quiéchapa, San Juan Lajarcia (distrito de Yautepec) y en las localidades de la Mixteca (en los distritos de Teposcolula y Nochixtlán) en donde se emplea también *A. angustiarum*.

Los nombres comunes que recibe son MAGUEY JABALÍ, en los distritos de Sola de Vega y Ejutla, DOBA-GU (zapoteco) en el distrito de Sola de Vega, y LECHUGUILLA DURA o MAGUEY ESCOBETA en los distritos de Teposcolula y Nochixtlán.

Agave kerchovei forma parte de los matorrales xerófilos de la región, crece de forma aislada y ocasionalmente forma colonias poco numerosas (5-7 individuos), asociado con manchones de *A. angustiarum*, en altitudes entre 1,400 y 2,000 m s.n.m.

Cabe señalar que en los distritos de Teposcolula y Nochixtlán se emplean las hojas de plantas vivas para la extracción de fibras, mientras que en los distritos de Sola de Vega, Ejutla, Miahuatlán y Yautepec, se utilizan hojas secas de plantas muertas o las hojas más viejas, también de plantas adultas secas.

En el último de los casos mencionadas, la época de mayor recolección coincide con la época de sequía y con el término de la temporada de floración de la especie (entre enero y mayo), aunque, si se requiere en otra temporada se recolectan las hojas más viejas y secas y para eliminarles la humedad residual se colocan en asoleaderos en el campo o en los patios de las casas (como se observó en San Agustín Amatengo) (fig. 9).



Figura 9.- Hojas secas de *Agave kerchovei* colocadas para eliminarles la humedad residual en San Agustín Amatengo, Ejutla.

En el caso de éstas dos últimas especies, los sitios a los que acuden los productores de ixtle para obtener la materia prima (las hojas), distan entre 7 y 10 kilómetros de la población, es decir entre dos y tres horas de camino (solo de ida o vuelta, esto es, el recorrido completo consume entre cinco y seis horas), a lo que hay que agregar el tiempo empleado en la recolección.

Las poblaciones naturales de *A. angustiarum* y de *A. kerchovei* se mantienen constantes gracias a que los productores las protegen del ganado que pasta entre los cerros, para lo que preparan en un recipiente (generalmente un bote de hojalata) una mezcla de estiércol con agua, con la cual cubren en su totalidad el cono de hojas que conforman el ápice terminal de los agaves.

Cabe señalar que aún cuando las dos especies son morfológicamente muy similares, los productores de fibra de éstas comunidades las reconocen con relativa facilidad, sobre todo por la diferencia en la longitud y armadura de las hojas (*Agave kerchovei* tiene las hojas más largas y los dientes más grandes que *A. angustiarum*), así como por la característica gregaria de una de las especies: *A. angustiarum* forma colonias muy densas mientras que *A. kerchovei* es solitario o tiende a serlo.

De manera muy localizada en la entidad, principalmente en las regiones del Papaloapan y del Istmo, se emplean otras especies de monocotiledóneas para la obtención de fibras duras, sobre todo *Aechmea magdalenae* (Bromeliaceae) y *Furcraea guerrerensis* (Agavaceae).

MÉTODOS DE OBTENCIÓN DE LAS FIBRAS DURAS DE *Agave*

Los métodos de obtención de fibras duras de *Agave* en el estado de Oaxaca son cuatro: "enriado", "majado", "horneado" y "desfibrado en seco". Cada uno de los métodos detectados depende de la disponibilidad de agua en la región, de las especies utilizadas en la producción de fibras duras y de la cantidad de fibras duras requeridas (cuadro 13).

ENRIADO

Este proceso se practica en las regiones del estado en las que el abasto de agua es suficiente para poder desarrollar el desfibrado de las hojas de: dua-bsug, dua-yesh, dua-pchez, dua-ya-do, maguey espadín y maguey de espadilla.

Se mantiene vigente en las siete localidades del distrito de Villa Alta referidas anteriormente, así como en las dos localidades del distrito de Ixtlán (también ya mencionadas), en San Juan Lajarcia (Yautepec), en San Jacinto Tlacotepec y en Santa Cruz Zenzontepec (Sola de Vega). El "enriado" básicamente se desarrolla de la siguiente manera:

MÉTODO DE OBTENCIÓN	ESPECIE UTILIZADA		DISTRITO EN DONDE SE PRACTICA
	NOMBRE COMÚN	N. CIENTÍFICO	
ENRIADO	dua-bsug	<i>Agave americana</i> var. <i>oaxacensis</i>	Villa Alta
	dua-yesh	<i>A. americana</i> var. <i>oaxacensis</i>	Villa Alta
	dua-pchez	<i>A. americana</i> var. <i>americana</i> .	Villa Alta
	dua-ya-do	<i>A. americana</i> var. <i>americana</i>	Villa Alta
	maguery espadín	<i>A. angustifolia</i>	Ejutla, Tlacolula, Sola de Vega, Miahuatlán, Yautepec, Ixtlán y Villa Alta
	maguery de espadilla	<i>A. angustifolia</i>	Teposcolula
HORNEADO	maguery escobeta o lechuguilla dura	<i>A. kerchovei</i>	Nochixtlán y Teposcolula
MAJADO	lechuguilla suave	<i>A. angustiarum</i>	Teposcolula
DESFIBRADO EN SECO	maguery jabalí o doba-gu (zapoteco)	<i>A. kerchovei</i>	Ejutla y Sola de Vega

Cuadro 13.- Métodos de obtención de fibras duras de *Agave* en el estado de Oaxaca, especies utilizadas y distritos en donde se realiza la actividad.

El proceso comienza con la selección de plantas de más de cuatro años de edad, que a partir de ese momento poseen hojas que pueden utilizarse en la extracción de ixtle. Como paso siguiente se procede al corte de las " pencas o manillas" (hojas), proceso que tiene dos variantes, dependiendo de la edad del maguery: en el primero de los casos, cuando las plantas son jóvenes, se cortan desde la base utilizando una herramienta con filo (machete o cuchillo); la otra forma de corte se presenta cuando la planta llega a la fase final de su vida, y es entonces cuando las hojas se obtienen con todo y su base, ya que para poder obtenerlas se elimina primero al conjunto de hojas del "cogollo" (cono terminal) empleando una barreta o una "garrocha" (trozo de madera largo, resistente y con punta que se obtiene de las ramas de algunas especies arbóreas de *Quercus*, *Pinus* o *Arbutus*) la cual se coloca debajo de cada hoja y se hace palanca hasta desprenderla. Una planta produce entre 60 y 80 hojas en su vida, durante 6 a 8 años.

A continuación, e independiente del procedimiento de corte de las hojas, se eliminan los dientes y la espina de las mismas utilizando un cuchillo y se procede a asarlas en un horno rústico construido en el piso, cuyas dimensiones varían de la siguiente forma: largo de 1.5 a 2.0

m, ancho de 0.5 a 0.6 m y profundidad de 0.3 a 0.6 m. Estas estructuras pueden estar recubiertas de piedra si su uso es continuo. Para sostener las hojas de manera transversal a la longitud del horno, éste último posee dos troncos largos (generalmente de *Quercus*) que lo atraviesan longitudinalmente y sobre los cuales se colocan las pencas para su asado.



Figura 10.- Asado de "manillas" (hojas) de *Agave americana* en Santo Domingo Xagacia, Villa Alta.

El procedimiento de asado de las "manillas" consiste en colocar una cantidad necesaria de leña dentro del horno, encenderla hasta que esté lo suficientemente avivado el fuego, enseguida se colocan las pencas de forma transversal a la longitud del horno y se van volteando y moviendo continuamente hasta lograr un asado uniforme (fig. 10). Un poco antes de colocar transversalmente las pencas se les elimina la espina terminal, con el propósito de evitar los daños físicos que producen en la piel, misma que se utiliza como combustible en el fogón encendido. El asado de las "manillas" también se inicia por la parte más succulenta de las mismas: la base, con el objeto de lograr uniformidad en el proceso (fig. 10).

Inmediatamente después del asado, las pencas se acomodan fuera del horno en montones bien ordenados, en los que todas las bases de las hojas quedan hacia el centro (fig. 11). Poco después de lo cual, se coloca sobre el montón una buena cantidad de piedras con la finalidad de oprimir las hojas asadas y eliminar un poco del contenido de agua (fig. 11).



Figura 11.- Acomodo de las hojas de *Agave americana* asadas para permitir la liberación del exceso de agua, en Santo Domingo Xagacia, Villa Alta.

A continuación se trasladan (las manillas) a los afluentes naturales de agua, mediante el empleo de animales de carga (burros, caballos, etc.) o transportadas por los productores en sus espaldas. Una vez que se han transportado, se ponen a remojar en pequeñas pozas (fig. 12) durante cuatro a ocho días, dependiendo de la temperatura ambiental. Después de transcurrido ese lapso de tiempo, se sacan las hojas y se golpean sobre un trozo rectangular de madera de YAG-YESH (o "palo para el ixtle": *Lysiloma acapulcense*) de aproximadamente 1.0-1.5 m de largo, por 0.6-0.8 m de



Figura 12.- Afluentes naturales de agua en donde se ponen a remojar las hojas de *Agave* para la producción de fibras duras en pequeñas "Pozas" en San Pablo Güila, Tlacoahula.

ancho, por 0.3-0.5 m de espesor, auxiliándose de un "mazo" también de madera, pero sobre todo de especies resistentes a la degradación como el yag-yesh mencionado (fig. 13).

El proceso de golpear las hojas después del remojo se denomina regionalmente con "machucado".

Para eliminar un poco de bagazo (YEIN) durante el "machucado", primero se golpean las hojas en el sentido de las fibras y después en sentido transversal a ellas, comenzando por la base de las hojas y terminando por la parte superior de las mismas. Después de ello, las pencas machucadas se vuelven a "enriar" (remojar dentro de las pozas en los cauces naturales de agua)



Figura 13.- Proceso de "machucado" de las hojas asadas de *Agave angustifolia* en Santo Domingo Xagacia, Villa Alta.

por espacio de cuatro a cinco días, también dependiendo de las condiciones climáticas que prevalezcan en la localidad. Para no desperdiciar espacio en esta etapa del "enriado" las hojas se colocan individualmente si se trata de dua-bsug, dua-yesh o dua-pchez, o bien en "manojitos" de cinco hojas si se trata de espadín.

El siguiente paso es el "raspado" el cual consiste en eliminar totalmente el bagazo de las hojas y dejar completamente limpio el ixtle. Para lo cual se colocan longitudinalmente las manillas o manojos de hojas de *Agave* asadas, enriadas y machucadas sobre una tabla de YAG-GUIECHSZ (árbol de hojas de hilo o de hojas largas: *Pinus* sp.) y se raspan con una estructura metálica con mango de madera (también de *Pinus*), a lo cual denominan "raspador" (fig. 14).

Durante el raspado primero se quita la mayor parte del tejido con la mano, después se raspa de un lado empezando por la base de la hoja y una vez que se llega a la mitad de la longitud total,



Figura 14.- Proceso de "raspado" o eliminación total del bagazo residual de las hojas de *Agave* para liberar completamente a las fibras duras (el ixtle), en Santo Domingo Xagacia, Villa Alta.

se lava y se voltea todo el conjunto de fibras para iniciar nuevamente el raspado desde el ápice de ese extremo.

Con el propósito de sostener la hoja o el manajo de fibras se les hace un nudo y se coloca debajo del extremo inicial de la tabla para facilitar el raspado. La tabla en la que se practica el raspado debe colocarse justo debajo de un chorro de agua (fig. 14), con el objeto de ir eliminando paulatinamente el bagazo que se produce. El chorro de agua se logra desviando una pequeña

corriente a través de una estructura acanalada, que puede ser una hoja de *Agave* o un pseudotallo de plátano (*Musa* sp.).

Durante el proceso de raspado se desprenden fibras cortas, mismas que se recolectan al instante para evitar que se pierdan y se ponen a secar junto con las demás fibras.

Una vez concluido el raspado de cada hoja o manojo, se enjuaga la fibra obtenida y se pone a secar y blanquear sobre tendedores improvisados en los alrededores o bien sobre las rocas aledañas a las pozas de raspado.

Para poder vender la fibra limpia se forman atados, mismos que contienen el ixtle de un número variable de hojas dependiendo de la especie, como a continuación se describe:

Una "atada" de fibra de espadín se integra de cinco manojos de cinco hojas cada uno (es decir del ixtle de 25 hojas). Una atada de ixtle de dua-bsug, dua-yesh o dua-pchez contiene la fibra de cinco hojas.

Después de hacer las atadas se unen varias de ellas hasta conformar lo que es una "arroba" o medida de peso que es equivalente a más o menos 11 Kg. Una arroba de dua-bsug, dua-yesh o dua-pchez se forma a partir de 8 a 10 atadas de ixtle, mientras que una arroba de espadín contiene de 16 a 20 atadas de ixtle dependiendo de la longitud de las fibras duras.

Los otros tres procesos, "majado", "horneado" y "desfibrado en seco", se desarrollan en las localidades en donde el abastecimiento de agua no es muy bueno o es errático:

MAJADO

Este proceso se practica en Santiago Teotongo, San Pedro Nopala, Yosocuno (del distrito de Teposcolula), San Miguel Piedras, Yutanduchi de Guerrero y Poblado Morelos (del distrito de Nochixtlán). Comienza con la selección de las plantas que crecen en forma silvestre en los cerros aledaños a la comunidad, sobre todo del maguey conocido regionalmente como lechuguilla suave. La característica particular que deben cumplir los magueyes para ser utilizados es la de poseer un número considerable de hojas largas (más de diez), de más de 40 cm de longitud.

Después de la selección de las plantas, se procede a la obtención de las hojas, para lo cual se utiliza una herramienta filosa y con punta (cuchillo o machete), que se introduce en forma

perpendicular entre un par de hojas hasta uno de los bordes de la axila de la misma, en donde se comienza a cortar hasta alcanzar en profundidad el exterior del tallo y sin lastimar a este último. Esta misma actividad se repite en el otro extremo de la axila de la hoja y se retira la herramienta cortante. A continuación se sujeta fuertemente la hoja por su extremo distal y se jala haciendo movimientos de izquierda a derecha hasta que se desprende con todo y base.

Una vez que se desprende la primer hoja, las demás se obtienen con facilidad. Mediante este proceso se obtienen de 10 a 20 hojas de cada planta seleccionada, dependiendo del número de hojas y de la edad de la misma. Esta técnica se utiliza sólo para las hojas del contorno del "cogollo" (ápice terminal), con el fin de permitir la producción continua de hojas y su aprovechamiento durante varios años. Generalmente se logra cortar el número de hojas mencionado cada seis meses. A la actividad de obtener las hojas se le designa como "destroncado".

En los mismos sitios de recolección de las hojas, se les eliminan los dientes y la espina terminal y se trasladan a la población, distante más o menos 6-8 km. Ya en la población se "majan" (machucan o golpean) las hojas, utilizando un "mazo" de madera (fig. 15), generalmente de encino rojo (*Quercus* spp.). Enseguida se trasladan a los cauces naturales de agua (fig. 12), en donde se depositan en pequeñas pozas y se dejan "enriar" durante ocho a diez días, dependiendo de las condiciones climáticas imperantes.



Figura 15.- "Mazo" de madera utilizado para machucar o golpear las hojas de *Agave angustiarum* en San Pedro Nopala, Teposcolula.

Una vez que cumplen con el período de enriado, se restriegan dentro del agua hasta que se les elimina la mayor parte del bagazo, se enjuagan y se agrupan por "manitas" (cantidad de fibra producida por (5-) 6-7 hojas). Como paso siguiente se traslada la fibra ya limpia a los patios de las casas, en donde se pone a secar sobre el piso sin ninguna otra protección, alineando las manitas de ixtle. Después de que se seca, se forman atados, generalmente de cinco manitas que forman más o menos un kilogramo, hasta reunir la cantidad suficiente para completar una arroba.

HORNEADO

Este método de obtención de fibras duras, solo se registró que se practica en San Pedro Nopala y Yosocuno (Teposcolula). En este proceso la selección de las plantas, el corte de las hojas (destroncado) y la eliminación de los dientes y las espinas se realiza de la misma forma que en el "majado", sólo que en este caso se utiliza el maguey conocido regionalmente como maguey escobeta o lechuguilla dura. Esta especie permite obtener en promedio 20 hojas cada año.

Las hojas destroncadas se reúnen en "tercios" (aproximadamente 200 hojas) y se trasladan a los sitios donde se va a realizar la "horneada", que generalmente es en el mismo cerro y cerca de la zona en la que se recolectaron las hojas. El horno consiste de un hoyo de aproximadamente 1.0-1.5 m de diámetro y 0.8-1.0 m de profundidad, en donde se coloca una buena cantidad de leña gruesa de encino (*Quercus* spp.) que produzca buenas brasas en el fondo, misma que se cubre completamente con piedras. Enseguida se prende fuego hasta que se consume la leña y se calientan las piedras.

Para poder colocar las hojas del maguey escobeta dentro del horno, las piedras calientes se cubren con ramas en floración de consuelda (*Senecio praecox*), o con pencas de nopal (*Opuntia huajuapensis*) o con pencas de maguey verde (*Agave atrovirens*). Este último se utiliza, sobre todo en San Pedro Nopala, preferentemente porque permite cubrir también las paredes del horno y hasta posibilita el cubrir al total de hojas de la horneada, seis a siete tercios por horno, es decir 1,200 a 1,400 hojas.

Después de colocar las hojas del maguey escobeta dentro del horno, se cubren con penca del maguey verde y se recubren completamente de tierra. se dejan reposar en esa forma desde un día hasta dos meses y después se sacan las hojas y se "raspan".

El "raspado" consiste en la eliminación del bagazo y obtención de la fibra, para lo cual se coloca un tronco inclinado de sotol (*Nolina* sp.), aplanado por un lado (fig. 16) y apoyado sobre una piedra o sobre el tronco de un árbol en pie. Al tronco de sotol en esa posición se le coloca en su extremo superior un hilo, del mismo ixtle que se procesa, unido por sus extremos y formando una estructura que permita sostener a las hojas, mismas que se hacen pasar dos veces seguidas través del hilo amarrado al tronco de manera tal, que formen un nudo y se sostengan firmemente. Enseguida y auxiliándose de un "raspador" se elimina la totalidad del bagazo (fig. 16), para lo cual el productor toma la herramienta por ambos extremos e inclinado frente al tronco que sostiene a la hoja, pasa continuamente la herramienta de arriba hacia abajo, hasta lograr la separación de la fibra. Las hojas se raspan empezando por la porción basal de la hoja, que una vez tallada se voltea y se procesa la parte siguiente.



Figura 16.- Instrumentos utilizados para el "raspado" de las hojas de *Agave angustiarum*.

El raspador está elaborado con un trozo del escapo floral de cucharrillo (*Dasyliir lucidum*) o de una rama de algún árbol, que se dobla, de tal suerte que forma un ángulo de 1

160 grados, a dicha estructura se le inserta de manera longitudinal un trozo de alguna herramienta filosa (por lo general un pedazo de machete), procurando que quede la parte roma de la herramienta hacia el exterior.

Después de concluir con el raspado, la fibra se traslada a la población, en donde se lava en los afluentes naturales de agua, con el propósito de eliminar la consistencia pegajosa de la fibra, producida por la hidrólisis de los azúcares de la hoja. El secado y la conformación de los atados o "manos" se lleva a cabo de igual forma que para el "majado".

DESFIBRADO EN SECO

Es el proceso de obtención de fibras duras que se practica en la mayor parte de las comunidades de la Sierra Sur y en San Agustín Amatengo (Ejutla). Comienza con la recolección de hojas secas de *Agave kerchovei* en los cerros aledaños a la población, las cuales se desprenden de los tallos de las plantas mediante tirones sucesivos que aplica el recolector, al sujetar las hojas por su extremo distal e imprimir fuerza de jale hacia sí y mover la estructura foliar de un lado para otro hasta que se desprenden completamente del conjunto. Enseguida se eliminan con un cuchillo o con un machete, todos los dientes y las espinas y se forman atados de un grosor considerable, hasta de 1.5 m de diámetro, que son transportados por animales de carga hasta el domicilio del productor.

En el patio de la casa, el productor continúa con el proceso, golpeando de extremo a extremo cada una de las hojas con un mazo de madera (fig. 15), generalmente de *Quercus*, sobre una piedra plana de forma rectangular de aproximadamente 0.4 X 0.3 m o sobre un trozo de madera de las mismas dimensiones, hasta que todo el tejido carnoso y seco deja libre a las fibras (fig. 17). Enseguida los haces de fibra libres de residuos se "escarmenan" con las manos hasta lograr la individualidad de las fibras de *Agave* y se forma un conjunto desmenuzado de ixtle que queda listo para la manufactura.

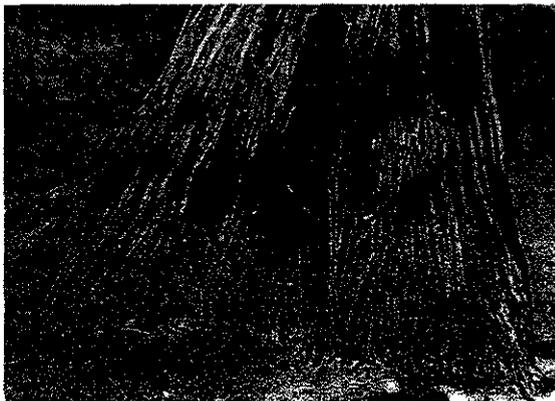


Figura 17.- Hoja seca de *Agave kerchovei*, golpeada con un mazo de madera para liberar sus fibras, en San Agustín Amatengo, Ejutla.

PROCESOS DE MANUFACTURA Y TRANSFORMACIÓN DE LAS FIBRAS DURAS

Se denomina así a aquellos procesos que implican la aplicación de técnicas con el objeto de elaborar artículos de ixtle a partir de las fibras duras de *Agave* obtenidas por los diferentes procesos ya señalados. En estos procesos de transformación se utilizan dos instrumentos para lograr la torsión de las fibras duras y la confección de cuerdas y cordeles (que constituyen la base de otros utensilios como lazos, mecate, cuerdas, bolsas, morrales, hamacas, etc.): la "TARABILLA" y la "RUECA o TORNO". El primero de estos instrumentos es de origen prehispánico y generalmente se utiliza para la confección de artículos de ixtle para el autoabasto o para el comercio a muy pequeña escala. El "torno" es un instrumento de influencia euroasiática que se emplea en aquellas localidades en donde se confeccionan artículos de fibras duras pero para el comercio a mediana y gran escala. A continuación se describe el procedimiento de transformación de las fibras duras de *Agave* y la manufactura de artículos de ixtle desarrollados con cada uno de estos instrumentos en el estado de Oaxaca.

RUECA o TORNO

Es un instrumento elaborado con madera dura, generalmente de diversas especies de *Pinus* (comunidades del distrito de Villa Alta), aunque también se utilizan otras especies como *Taxodium mucronatum*, *Quercus* spp., *Eysenhardtia polystachya* (comunidades del distrito de

Sola de Vega) u otras especies según sean los recursos disponibles. Este instrumento sirve para torcer haces de fibras duras de *Agave* y elaborar cuerdas, cordeles, mecate y otros artículos de ixtle. Consta de una rueda o polea principal de 40 a 100 cm de diámetro, misma que se construye de un trozo de madera de forma cilíndrica (fig. 18).

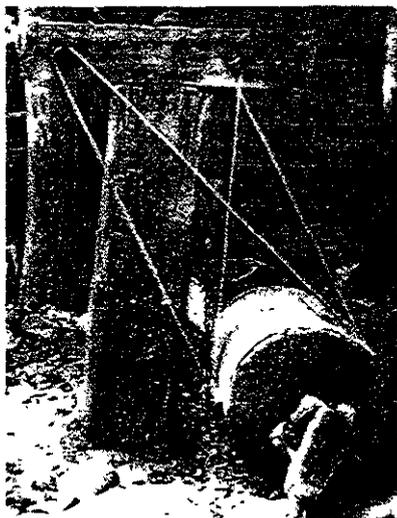


Figura 18.- "Rueca o Torno", instrumento utilizado para manufacturar artículos de ixtle en varias localidades del estado de Oaxaca

Esta rueda posee un eje central o manivela en forma de pedal, sostenido por dos trozos de madera o troncos con terminaciones en forma de "V" de 40-50 cm de longitud que están anclados al piso. A 1.0-1.5 metros de distancia de la rueda se encuentra una estructura en forma de cruz, formada por dos trozos de madera (de aprox. un metro de longitud cada uno) acoplados perpendicularmente uno del otro.

En los extremos del travesañ que se halla horizontal, se ubican dos "carretes" de madera, cuyo eje es de alambre o está constituido por un clavo, mismos que en su extremo poseen una asa de alambre o un gancho sobre el que se detiene la fibra para comenzar la torsión de los hilos (fig. 18). La polea principal y los carretes se conectan por cordeles (del mismo ixtle) o bandas de cuero, que permiten la transmisión del movimiento que se logra al activar manualmente la

manivela (el pedal), con lo cual se logra que los carretes comiencen a hacer girar el primer haz de fibra que se sostiene del extremo del carrete de la derecha (fig. 19).



Figura 19.- Rueca o Torno en movimiento para la elaboración de cordeles en Santo Domingo Xagacia, Villa Alta.

Al mismo tiempo que se hace girar la manivela, otra persona va adicionando fibra que va siendo obtenida de un atado que lleva sujeto a la cintura, en el pie o cualquier otra parte del cuerpo que le permita su manejo a la velocidad que requiera la adición de la materia prima a la elaboración del artículo (fig. 20). De ésta manera se va formando el primer hilo torcido que adquiere longitudes muy variables (hasta 35-40 m).

Para que la fibra se encuentre lista para emplearse en la confección de cordeles, se sujeta un manojo de ella y se sacude auxiliándose de un palo, con el objeto de eliminar el bagazo pulverizado que aún permanezca adherido a las fibras, después de ésta operación, se humedece el conjunto de fibras para facilitar su manipulación durante el torcido (y ocasionalmente se lava con agua y jabón, como en San Pedro Cajonos, Villa Alta).



Figura 20.- Haz de fibras de *Agave angustifolia*, sujeta con el pie para facilitar su adición a la confección de un hilo de ixtle en San Pablo Güila, Tlacolula.

El carrete de la izquierda se utiliza para que el primer hilo elaborado, se doble y amarre por ambos extremos y forme por torsión del mismo, un cordel de dos hilos. Para lograr estirar éste cordel durante la torsión, se amarra por su extremo distal a un trozo de madera que se localiza sobre una tabla (que hace las veces de contrapeso para evitar que los cordeles pierdan su torcido); éste contrapeso avanza hasta que el cordel está perfectamente torcido, después de lo cual se desata del carrete y se atora a una estaca clavada justo debajo de él, ahí permanece hasta que se utiliza para volverse a torcer y formar una cuerda de grosor mayor al cordel.

Para el acabado final de las cuerdas y cordeles se les restriega longitudinalmente con un manojo de ixtle humedecido (en Villa Alta) o que contiene cebo de res o parafina de veladora (en Sola de Vega), hasta eliminar las asperezas más burdas del torcido.

Una arroba de fibra dura de dua-bsug, dua-yesh, dua-pchez o do-guesh produce tres "gruesas" (una gruesa está conformada por 144 unidades) de cordeles para morral (de aproximadamente 1.5 m de longitud y cuatro hilos de grosor), es decir 432 "lazos", mientras que

una arroba de ixtle de espadín produce seis gruesas de cordeles conocidos como "gallitos" (de aproximadamente 2.0 m de longitud y cuatro hilos), es decir 864 "gallitos" (cuadro 14).

ESPECIE UTILIZADA	PRODUCTIVIDAD POR ARROBA (11 KG)	CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO	COSTO (\$)
<i>Agave americana</i> var. <i>oaxacensis</i>	432 lazos	1.5 m de longitud y grosor 4 hilos	24.00 la gruesa *
<i>A. americana</i> var. <i>americana</i>	432 lazos	1.5 m de longitud y grosor 4 hilos	24.00 la gruesa *
<i>A. angustifolia</i>	864 lazos	2 m de longitud y grosor 4 hilos	no disponible

Cuadro 14.- Comparación del rendimiento de fibras duras extraídas de 3 Agaves en Oaxaca.
 * Nota: una gruesa está conformada por 144 unidades

En el distrito de Villa Alta, la fibra de *Agave* ya limpia se vende entre \$ 40.00 y \$ 50.00 por arroba (aunque los precios originales corresponden al año de 1993, en 1997-98, no variaron más allá del 20 %). Los cordeles para morral se comercializan a \$ 24.00 la gruesa en los pueblos cercanos (San Francisco, San Miguel y San Pedro Cajonos), pues ahí se elaboran esas y otras artesanías que finalmente se venden por mayoreo a intermediarios del mercado nacional o directamente en las tiendas que expenden éstos productos en la Ciudad de Oaxaca. Una docena de "morralitos" cuesta en San Pedro Cajonos (sin incluir el precio del transporte ni cualquier otro gravamen) \$ 30.00, mientras que la docena de "morrales" se cotiza entre \$ 110.00 y \$ 120.00 en la Ciudad de Oaxaca.

El procedimiento anterior se practica en aquellas comunidades de los distritos de Villa Alta y Sola de Vega en donde se extraen directamente las fibras, sin embargo aún existen comunidades en las que la extracción de fibras ya no se practica y se compra la fibra ya lista para manufacturar otros artículos, como es el caso de los productores de San Pablo Güila (Municipio de Santiago Matatlán, Tlacolula) y en Villa Sola de Vega, en donde se elaboran cuerdas de cuatro hilos y do brazadas (aproximadamente cuatro metros de longitud) que se venden en el mercado regional (fig. 21) (de Tlacolula o Sola de Vega, respectivamente) a \$ 10.00 la docena. Al parecer esas cuerdas posteriormente se emplean en la manufactura de otros artículos de ixtle, como so

cuerdas de mayor grosor, redes para carga, barcinas (o redes para carreta) y para redes pequeñas que adornan los cantaritos de mezcal que se comercializan en la región (fig. 21).



Figura 21.- Diferentes productos de ixtle listos para su comercialización en el mercado de Tlacolula.

En todos los sitios en donde se extraen fibras duras de *Agave*, las fibras cortas que se recuperan durante el raspado también son utilizadas para elaborar cuerdas, sobre todo aquellas que se destinan al trabajo rudo. Estas cuerdas solo son de autoabasto.

TARABILLA o TRABILLA.

El otro instrumento para la transformación de las fibras duras y la confección de hilos, cordeles y cuerdas es la "tarabilla o trabilla", es una estructura de madera que gira y traba (tuerce), elaborada de diversas especies según sea la disponibilidad: de ENCINO BLANCO (*Quercus* sp.) o CLASISLE (*Amelanchier denticulata* var *denticulata*) en las comunidades de la Mixteca, de

YAGALAN (*Lysiloma bahamensis*) en San Agustín Amatengo (Valles Centrales), de TEPEHUAJE (*Lysiloma acapulcensis*) o de COATLE (*Eysenhardtia polystachya*) en la Sierra Sur.

La herramienta está constituida de dos piezas: una de ellas, la de mayor tamaño, de forma trapezoidal de 25-50 cm de largo por 8-15 cm de ancho y 2-3 cm de grosor, con el extremo terminal más angosto, en forma de flecha, posee un orificio de 1.5-3.5 cm (localizado muy cerca del extremo más angosto) en donde se coloca la otra pieza, de forma cilíndrica de 1-3 cm de diámetro y 25-35 cm de longitud, con uno de los extremos más engrosados para evitar que se salga del orificio en el que se coloca (fig. 22).



Figura 22.- "Tarabilla", instrumento empleado para la manufactura de artículos de fibras duras en diferentes localidades del estado de Oaxaca.

La primera de las piezas es la de mayor peso, no solo porque sea la de mayor tamaño sino porque sirve de soporte del haz de fibras que se tuerce y debe ejercer fuerza suficiente para facilitar el torcido, la otra estructura es más ligera y sirve de manivela para hacer girar a la "tarabilla" en su conjunto.

Para poder comenzar a formar hilos con el ixtle se "escarmena" la fibra, es decir se peina o se evita que los haces de fibra estén enredados, utilizando un instrumento denominado "escarmenador" (comunidades de la Mixteca, sobre todo en San Pedro Nopala), o simplemente con las manos (San Agustín Amatengo).

El escarmenador tiene la forma de un cepillo ovoidal con mango, de 15 a 20 por 6 a 9 cm, pero con sólo tres dientes. La base del escarmenador es de madera, por lo general de COPALILLO (*Bursera* sp.) y los dientes están constituidos por clavos de 2-3 pulgadas de longitud.

Enseguida se humedece el ixtle, para lo cual el productor toma un poco de agua con la boca y lo rocía sobre las fibras varias veces hasta lograr una humedad homogénea que facilite su manipulación durante el "torcido".

En la elaboración de hilos, cordeles, cuerdas y reatas participan dos personas: una de ellas manipula la tarabilla para hacerla girar y dar comienzo con el torcido, y otra que inicialmente sujeta el primer haz de fibra (fig. 23), previamente doblado por la mitad y unido por sus puntas, en el extremo con forma de flecha de la tarabilla, y después adiciona haces de ixtle que van siendo tomados de un atado sujetado en su cintura, (San Pedro Nopala), o de un montón de fibra previamente escarmenada que se coloca frente a sí mismo (San Agustín Amatengo y San Juan Sola).

La persona que acciona la tarabilla se va alejando conforme se elabora el primer hilo, que en ocasiones como en San Agustín Amatengo puede llegar hasta 75-80 m de longitud. Dicha persona puede llevar dos tarabillas, una en cada mano, que hace girar en el mismo sentido, hacia la izquierda (San Pedro Nopala) o en sentidos opuestos (San Agustín Amatengo).

Después de elaborar los hilos se manufacturan cordeles, cuerdas o reatas del grosor y longitud deseados o bien se utilizan para elaborar costales, morrales y otros artículos de fibra de *Agave*.

En el caso de la elaboración de una cuerda gruesa de ocho hilos y 8-10 m de largo (que se elabora en las comunidades de la Sierra Sur y en San Agustín Amatengo), el primer hilo formado se dobla en dos, auxiliándose de un poste de madera de un metro de altura (de *Quercus* sp.) que se encuentra clavado en el piso y que permite detener el hilo para volverse a torcer, para lo cual se

unen los dos extremos del hilo y se sujetan en la punta en flecha de la tarabilla y acciona hasta formar una cuerda de dos hilos perfectamente torcida, de aproximadamente 35-40 m de largo.



Figura 23.- Forma de sujetar el haz inicial de ixtle para elaborar cordeles con la “tarabilla” en San Juan Sola, Sola de Vega.

Esta cuerda se vuelve a doblar en dos, auxiliándose del mismo poste de madera y se vuelve a torcer, pero ahora utilizando dos tarabillas de dimensiones y pesos mayores que las que utilizan para elaborar los primeros hilos y cordeles (50 cm de largo por 15 cm de ancho y 3 cm de grosor), cada una de las cuales se coloca en uno de los extremos de la cuerda formada y se accionan sincronizadamente por los dos operarios, toda vez que conforme aumenta el grosor de la cuerda se requiere de mayor fuerza para el torcido.

Para lograr la homogeneidad en la torcedura de la cuerda de cuatro hilos, después de accionar las dos tarabillas durante un periodo corto de tiempo, uno de los operarios jala la cuerda dos o tres veces y se vuelven a accionar sincronizadamente las manivelas para continuar con la torsión. Este

procedimiento se repite tres o cuatro veces hasta formar una cuerda de grosor homogéneo (2 cm) de cuatro hilos y de 18 a 20 m de longitud.

Esa cuerda de cuatro hilos se vuelve a doblar, y en cada uno de los extremos se coloca una de las tarabillas de mayor tamaño y se accionan por los operarios, quedando uno frente a otro y girando sincronizadamente las tarabillas en sentidos opuestos, deteniendo el torcido a intervalos regulares de tiempo para dar tirones que contribuyan con la homogeneidad en la torsión y así finalizar con la manufactura de una cuerda de ocho hilos y 8-10 m de longitud, que localmente en San Agustín Amatengo se conoce como "cabo" de ocho hilos.

Las longitudes de los "cabos" dependen del uso al que estén destinados, pudiendo ser cortos si se emplean para atar animales pequeños como chivos, borregos, cerdos, burros o aves; los "cabos" de grandes dimensiones se emplean para atar ganado mayor, sobre todo vacuno, o para actividades agrícolas que requieren de cuerdas resistentes.

La elaboración de un "cabo" de dos brazadas (aproximadamente de 4 m de longitud) y ocho hilos, requiere de la fibra obtenida de 20 hojas de maguey jabalí o doba-gu de 0.8-1.0 m de largo, pudiendo ser menos hojas si son más largas o viceversa.

Por su parte en San Pedro Nopala se manufacturan las "arreatillas" de lechuguilla suave y de tres brazadas (más o menos 4.5 m) de longitud se venden a \$ 2.00- 3.00 cada una. En 1991 la docena de "arreatillas" o mecate de tres brazadas de longitud se vendían a los intermediarios del mercado de Tehuacán (Puebla) a \$ 20.00, sin embargo se desconoce el motivo por el que dejaron de recurrir a los productores para comprar los artículos.

PROBLEMÁTICA DE LA ACTIVIDAD IXTLERA EN OAXACA.

La actividad ixtlera del estado de Oaxaca refleja una grave crisis provocada por diversos factores socioeconómicos, tales como la sustitución de las fibras duras naturales por fibras sintéticas, el valor tan bajo que tienen los productos manufacturados de ixtle, en los mercados regionales y la diversificación de las actividades productivas.

Cada una de las regiones de la entidad Oaxaqueña, es afectada por factores distintos, toda vez que su desarrollo socioeconómico también es diferente, como a continuación se describe.

La desaparición de la actividad ixtlera en los Valles Centrales, sobre todo en San Pablo Güila y en San Agustín Amatengo, se debe sobre todo a la sustitución de la extracción y manufactura de fibras duras naturales por otras actividades agroindustriales de mayor remuneración económica, como la elaboración de mezcal, la plantación de maguey (*Agave angustifolia*, *A. karwinskii* y *A. americana*) con el mismo fin, el cultivo de la grana cochinilla, así como por la competencia que se ha establecido con la introducción de las fibras sintéticas.

La comercialización de fibras naturales en el mercado de Tlacolula, procedentes de otras entidades federativas del país, de Tamaulipas y Veracruz, también refleja el escaso valor de producción que han alcanzado las fibras naturales en la región, a tal grado que es más redituable, desde el punto de vista económico, comprar la fibra en el mercado que producirla, no obstante que la plantación de magueyes mezcaleros crece día con día y desperdicia todas las hojas de los agaves que emplea, es decir que no hace falta materia prima para su producción, sino que no existen incentivos económicos que alienten la producción de fibras duras naturales.

En la región de la Mixteca, pero principalmente en San Pedro Nopala, la cada vez más escasa comercialización de los artículos elaborados con ixtle es la responsable de que ésta actividad este a punto de desaparecer, porque los mercados regionales, sobre todo el de Tehuacán (Puebla) ha dejado de comprar los productos. Sin embargo el consumo microlocal (es decir solo en el mismo pueblo) aún se percibe.

En San Pedro Nopala, uno de los indicadores de que la actividad ixtlera es cada día más esporádica, lo constituye el hecho de que las hojas de la horneada (uno de los dos procesos que se practican en la región para la extracción de fibras duras) permanezca enterrada hasta por periodos de dos años, ya que cuando la obtención de ixtle estaba en su apogeo, los hornos se destapaban casi inmediatamente.

En la región de la Sierra Sur, sobre todo en los distritos de Sola de Vega y Miahuatlán, la problemática se centra en el escaso valor económico que adquieren los productos manufacturados de ixtle en los mercados regionales, así como el acaparamiento por los comerciantes de las cabeceras municipales (como se observa en Villa Sola de Vega), lo cual determina que en la

actualidad y dado el escaso poder adquisitivo de las poblaciones indígenas en ésta zona, la producción de fibras duras de *Agave* se destine al autoabasto.

En el distrito de Yautepec, también perteneciente a la Sierra Sur, la actividad ixtlera compete (comercialmente hablando) con el cultivo de *Agave angustifolia* para la producción de mezcal y con la misma producción de ésta bebida alcohólica, motivos por los cuales la producción de artículos de ixtle se registra sólo en el nivel de autoabasto.

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS MECÁNICAS

El trabajo de laboratorio, consistió básicamente en la determinación de las propiedades mecánicas de las fibras duras de *Agave* colectadas en campo, lo anterior con el propósito de determinar la eficiencia de los métodos de obtención de las fibras duras de las diferentes especies, que se practican en las diferentes regiones del estado de Oaxaca. Dichas pruebas fueron: a) Diámetro, b) Deformación, c) Resistencia, e) Módulo Elástico y f) Absorción de Energía a la Tensión, las cuales se realizaron en los laboratorios del Instituto de Investigación en Materiales de la U.N.A.M., bajo la asesoría del Ing. Alfredo Maciel Cerda del Laboratorio de Polímeros, de acuerdo a las técnicas del “Annual Book of American Society for Testing and Materials” (1989). Las reglas de este manual no se adaptaron en su totalidad para la realización de las pruebas, motivo por el cual se realizaron adaptaciones y/o modificaciones a las técnicas con el propósito de obtener mayor información sobre las propiedades mecánicas de las fibras estudiadas.

Para la determinación de los parámetros mecánicos, de cada una de las muestras, se seleccionaron aleatoriamente 15 fibras, de las que a su vez se obtuvieron fragmentos de 30 cm de longitud, mismos que fueron tomados del tercio medio de la longitud total de la fibra.

El diámetro de las fibras colectadas, se obtuvo realizando mediciones con un vernier electrónico marca Mitsubishi con pantalla de cuarzo y con escala de 10 micras a 200 milímetros. El mencionado diámetro de cada una de las fibras fue obtenido a partir del promedio de diez

medidas consecutivas a lo largo de la fibra, es decir, de cada muestra de fibra se obtuvieron 150 medidas para obtener el promedio.

Después de determinar el diámetro promedio de cada fibra, todas las muestras se sometieron a un pretratamiento de humedad y temperatura durante 48 horas, para lo cual se utilizó una estufa a 25 grados centígrados y con una humedad relativa del 50 %.

Para el resto de las pruebas mecánicas, se empleó una Máquina Instron modelo 1125 para pruebas de Tensión, acoplada a una computadora personal y a un graficador. La fuerza aplicada en todas las pruebas se calibró a 0.5 KN (KN = kilonewton) con un desplazamiento del cabezal que aplicó la tensión de 10 mm por minuto. Para la determinación de los parámetros referidos se seleccionaron 10 de las 15 fibras de cada una de las muestras a las que se les determinó el diámetro con anterioridad. Todas estas pruebas mecánicas se aplicaron a las especies del estado de Oaxaca y a los diferentes métodos de extracción de las fibras.

Junto con las muestras de fibras duras de *Agave* procedentes de Oaxaca y con el objeto de tener alguna referencia de comparación, se incluyeron otras fibras duras de diversas agaváceas y bromeliáceas mexicanas que también se utilizan para la manufactura de artículos de ixtle, procedentes tanto del estado de Oaxaca como de otros estados del norte del país. A todas las muestras se les asignó una clave para facilitar su manejo, como se describen en el cuadro 15, en donde además aparecen los datos referidos a los procesos de obtención a los que corresponde cada muestra, la especie de agavácea o bromeliácea a la que pertenece, así como su procedencia de origen.

Diámetro

El diámetro fue determinado con el propósito de que sirviera como el parámetro de referencia a la máquina Instron antes de realizar cada una de las determinaciones de Tensión y Ruptura.

El diámetro promedio de las fibras de las muestras procedentes de las localidades del estado de Oaxaca fluctúa entre 110 y 193 micras, con *Agave kerchovei* (S2) con el diámetro promedio más alto con 193 micras y *A. angustifolia* (E9) con el valor más bajo con 110 micras (fig. 24), sin embargo, dentro del grupo de fibras de agaváceas y bromeliáceas mexicanas (incluyendo a las

fibras de los agaves de Oaxaca) el diámetro más alto corresponde a las fibras de *A. lechuguilla* (R1) con 281 micras y el valor más bajo se reporta para *Aechmea magdalенаe* (R9) con 49 micras de diámetro (fig. 24). Cabe señalar que el diámetro de las fibras está en función del método empleado para su obtención, presentándose los mejores resultados en aquellas especies que se someten al "enriado", posiblemente porque la acción microbiana que contribuye con el proceso y permite la separación más efectiva de los haces fibrosos, lo cual se traduce en fibras más finas como las de *A. angustifolia* de la muestra E9.

PROCESO DE OBTENCIÓN	CLAVE	ESPECIE	PROCEDENCIA *
ENRIADO	E1	<i>Agave americana</i> var. <i>oaxacensis</i>	E1 a E7: Santo Domingo Xagacia, Villa Alta, Oaxaca. San Pedro Cajonos Villa Alta, Oax. San Pedro Cajonos Villa Alta, Oax. Santa Cruz Zenzontepec, Sola de Vega, Oax.
	E2	<i>A. angustifolia</i>	
	E3	<i>A. americana</i> var. <i>oaxacensis</i>	
	E4	<i>A. angustifolia</i>	
	E6	<i>A. americana</i> var. <i>americana</i>	
	E7	<i>A. americana</i> var. <i>oaxacensis</i>	
	E8	<i>A. americana</i> var. <i>oaxacensis</i>	
	E9	<i>A. angustifolia</i>	
E15	<i>A. angustifolia</i>		
HORNEADO	H1	<i>A. angustiarum</i>	San Pedro Nopala, Teposcolula, Oax.
MAJADO	M1	<i>A. angustiarum</i>	San Pedro Nopala, Teposcolula, Oax.
DESFIBRADO EN SECO	S2	<i>A. kerchovei</i>	San Agustín Amatengo, Ejutla, Oax.
RASPADO	R1	<i>A. lechuguilla</i>	Guadalupe Victoria, Mpio. de Saltillo, Coahuila
	R2	<i>Yucca carnerosana</i>	Ixtlera Santa Catarina, Monterrey, Nuevo León.
	R3	<i>A. funkiana</i>	Ejido Independencia, Mpio. de Jaumave, Tamaulipas.
	R6	<i>A. peacockii</i>	Granaditas, Mpio. de Ixmiquilpan, Hidalgo
	R7	<i>A. peacockii</i>	Sta. Teresa de Voxtha, Mpio. de Cardonal, Hidalgo.
	R9	<i>Aechmea magdalенаe</i>	Sgo. Jalahui, Mpio. San Juan la Lana, Choapan, Oax.
	R12	<i>Agave striata</i> ssp. <i>striata</i>	Ixmiquilpan, Hidalgo.

Cuadro 15.- Especies de agaváceas y bromeliáceas mexicanas, cuyas fibras medidas se incluyen en este estudio.

* NOTA: Las muestras fueron recolectadas por el autor, excepto las muestras R1, R2, R3 y R9, las cuales pertenecen a la colección de fibras de A. García-Mendoza.

Deformación.

Con respecto a la deformación, refiriéndose a este parámetro como la potencialidad que

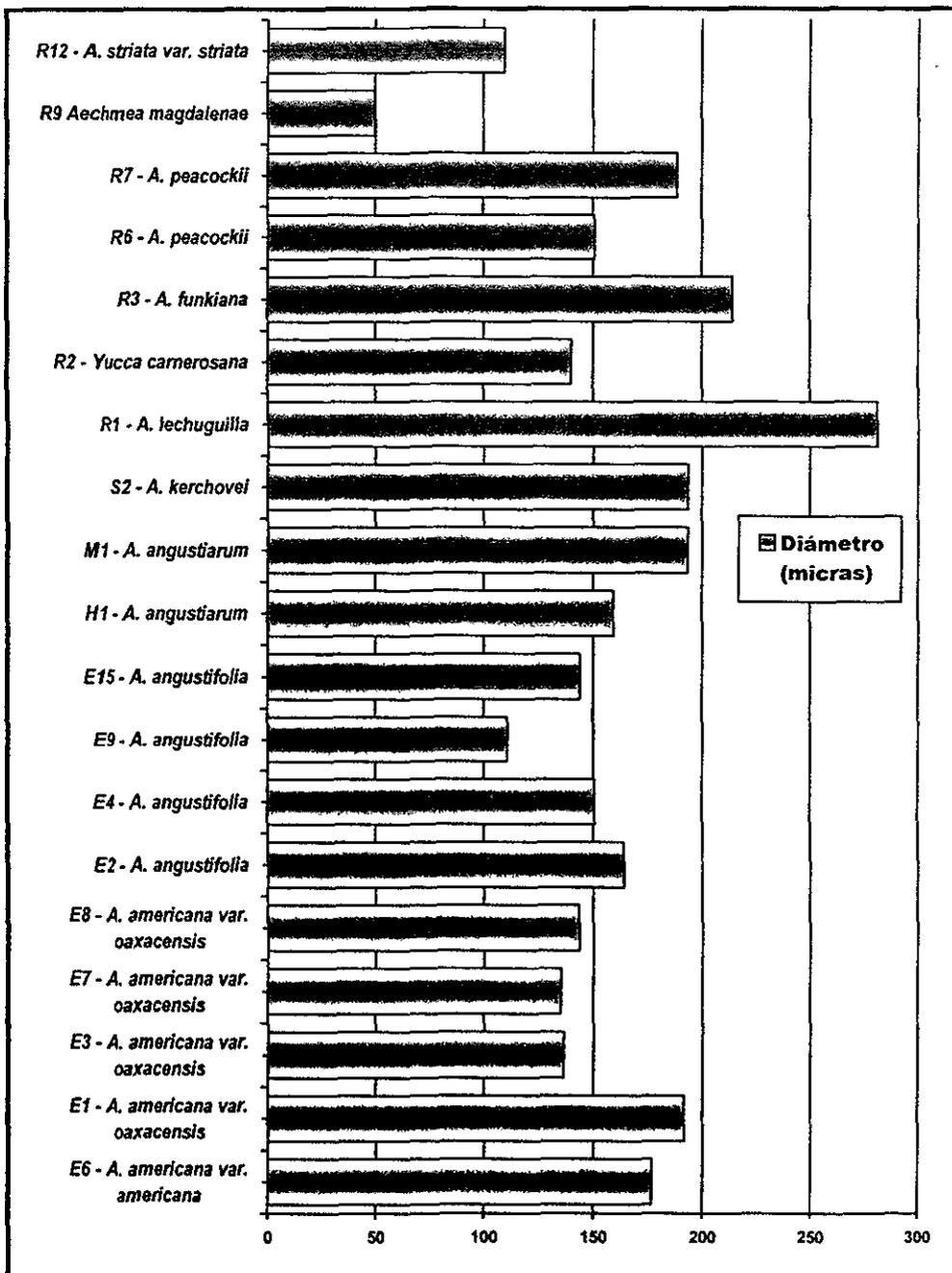


Figura 24.- Diámetro de diversas fibras duras de agaváceas y bromeliáceas mexicanas, considerando el proceso de obtención.

muestra una fibra de extenderse desde el inicio y hasta el término de la prueba de tensión a la ruptura, los valores más altos se reportan para *A. americana* var. *americana* (E6) con 26.55 %, mientras que el valor más bajo se reporta para *A. americana* var. *oaxacensis* (E8) con 3.38 %, lo cual se puede interpretar como que las fibras de la variedad *americana* se pueden "alargar" hasta 26.55 mm (por cada 10 cm) antes de fracturarse y romperse, es decir que son altamente maleables, mientras que las fibras de la variedad *oaxacensis* son escasamente maleables y "rígidas", debido a que solo se pueden deformar 3.38 mm (por cada 10 cm) antes de sufrir ruptura (fig. 25).

Sin embargo, considerando el total de las muestras de fibras de agaváceas y bromeliáceas mexicanas los valores más altos de deformación correspondieron al *Agave peacockii* (R7) con 47.52 % y el valor más bajo de deformación se presenta en *Yucca carnerosana* (R2) con 2.22 % (fig.25).

En términos generales se puede decir que el porcentaje de deformación en promedio es de 12.35 %, es decir que la gran mayoría de las fibras duras mexicanas (incluyendo a las de Oaxaca) son medianamente "maleables", lo cual es deseable para los procesos de transformación de las fibras toda vez que generalmente se someten a procesos de manufactura tradicional en los que se requiere un rango de deformación que permita elaborar artículos "flexibles" (como cuerdas o mecates y algunas artesanías) de fácil manipulación.

Resistencia

Por su parte el parámetro denominado Resistencia, entendido como la fuerza aplicada para tensionar al máximo una fibra sin llegar a la ruptura, presenta sus valores más altos entre las muestras de Oaxaca en *Agave angustifolia* (E2) con 1,148.35 MPa (MegaPascales, 1 MPa=1'000,000 Newton/m²=0.102 Kgf=0.1 Kgf/mm²), mientras que el valor más bajo se registra en *Agave kerchovei* (S2) con 226.9 MPa (fig. 26).

Aunque en términos globales los valores de las especies cuyas fibras se obtienen mediante el "Enriado" (E1 a E15) tienen valores significativamente no muy diferentes, probablemente debido a que se someten (dentro de lo posible) a las mismas condiciones de desgaste en el proceso

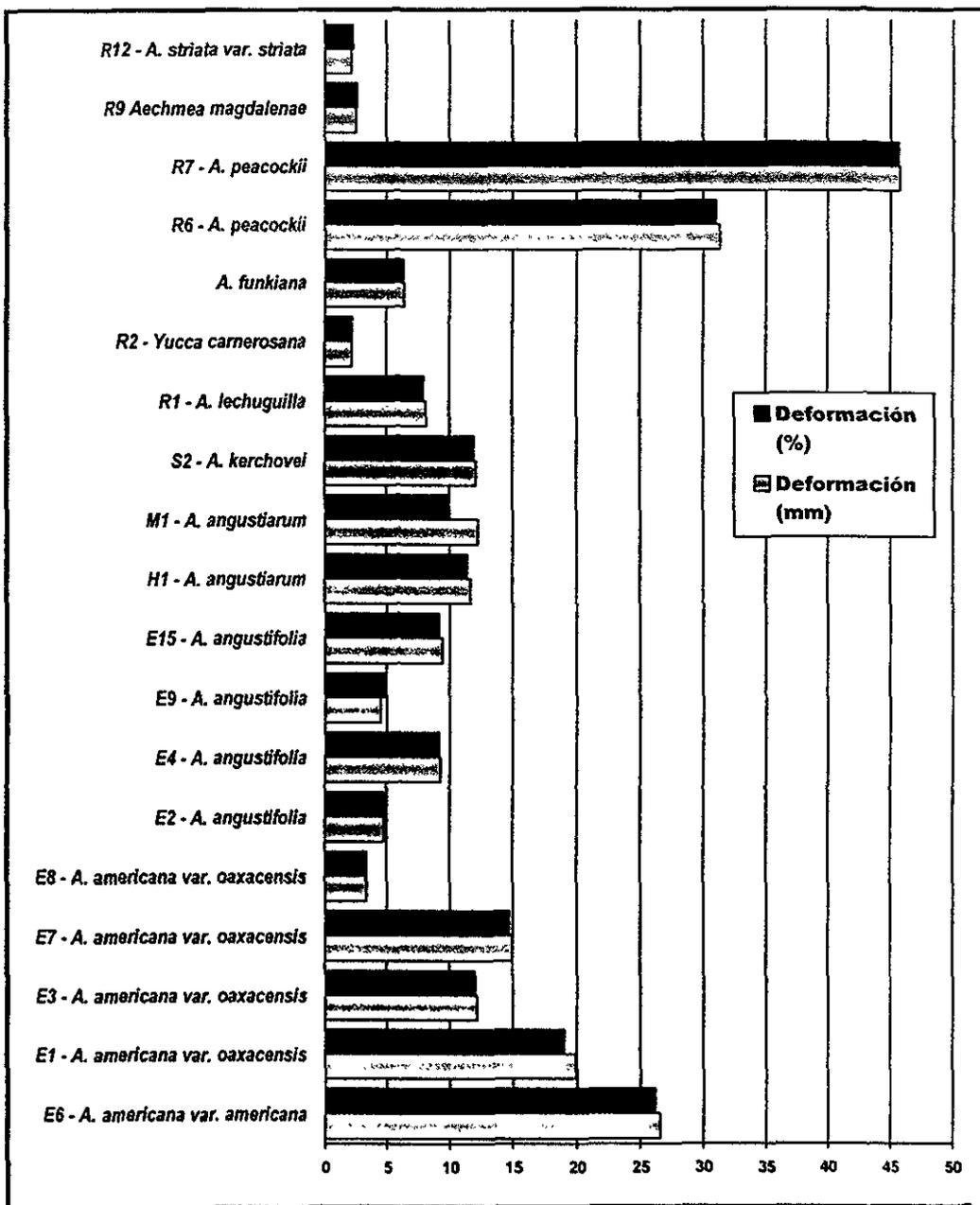


Figura 25.- Deformación de diversas fibras duras de agaváceas y bromeliáceas mexicanas, considerando el proceso de obtención.

de su obtención (calor, humedad, desgaste mecánico, etc.), sin embargo algunas otras variables como la edad de la planta, su naturaleza genética y la constitución química de las fibras, se traducen en valores fuera del promedio, como en la muestra E2.

Los valores de la muestra S2 tienen gran influencia de las condiciones ambientales a las que se encuentran sometidas las fibras hasta antes del proceso para su obtención, ya que debido a su extracción a partir de hojas secas, las fibras están expuestas a cambios de humedad y temperatura diarios y a veces por períodos prolongados, además de las afectaciones que puedan surgir del ataque de insectos y microorganismos a estas estructuras durante el período referido.

Sí consideramos el conjunto de diversas fibras de agaváceas y bromeliáceas mexicanas, el valor más alto de resistencia se presenta en *Aechmea magdalenae* (R9) (especie que particularmente reporta las fibras duras con el diámetro más pequeño, de 49 micras, y la longitud más grande hasta el momento reportada con 2.50 m), mientras que el valor más bajo se sigue manteniendo en *A. kerchovei* (S2).

Como resultado de la misma prueba de tensión, existe otra variable de resistencia que se obtiene, denominada Resistencia a la Ruptura, la cual indica la fuerza adicional que se debe emplear para que una vez que la fibra alcanzó su límite de resistencia, se logre la ruptura.

Dicho parámetro también se expresa en MegaPascales (Mpa) y en este trabajo tuvo su valor más destacado en las muestras de los agaves de Oaxaca en *Agave angustifolia* (E9) y su menor magnitud en *A. kerchovei* (S2).

Esta característica se relaciona directamente con la estructura o rigidez propia de cada muestra, lo cual indica que debido a que los valores más altos de este parámetro se observan en las muestras que fueron obtenidas por enriado, este proceso de desfibrado es el que mantiene con mayor integridad a las fibras, sobre todo porque implica un número muy reducido de acciones físicas y mecánicas, que son las responsables de fracturar y/o debilitar a las fibras, sin embargo si observamos los valores de las muestras de las fibras que se someten, primero al intemperismo y luego al golpeado, como en la muestra S2, encontramos los valores menos destacados, debidos a

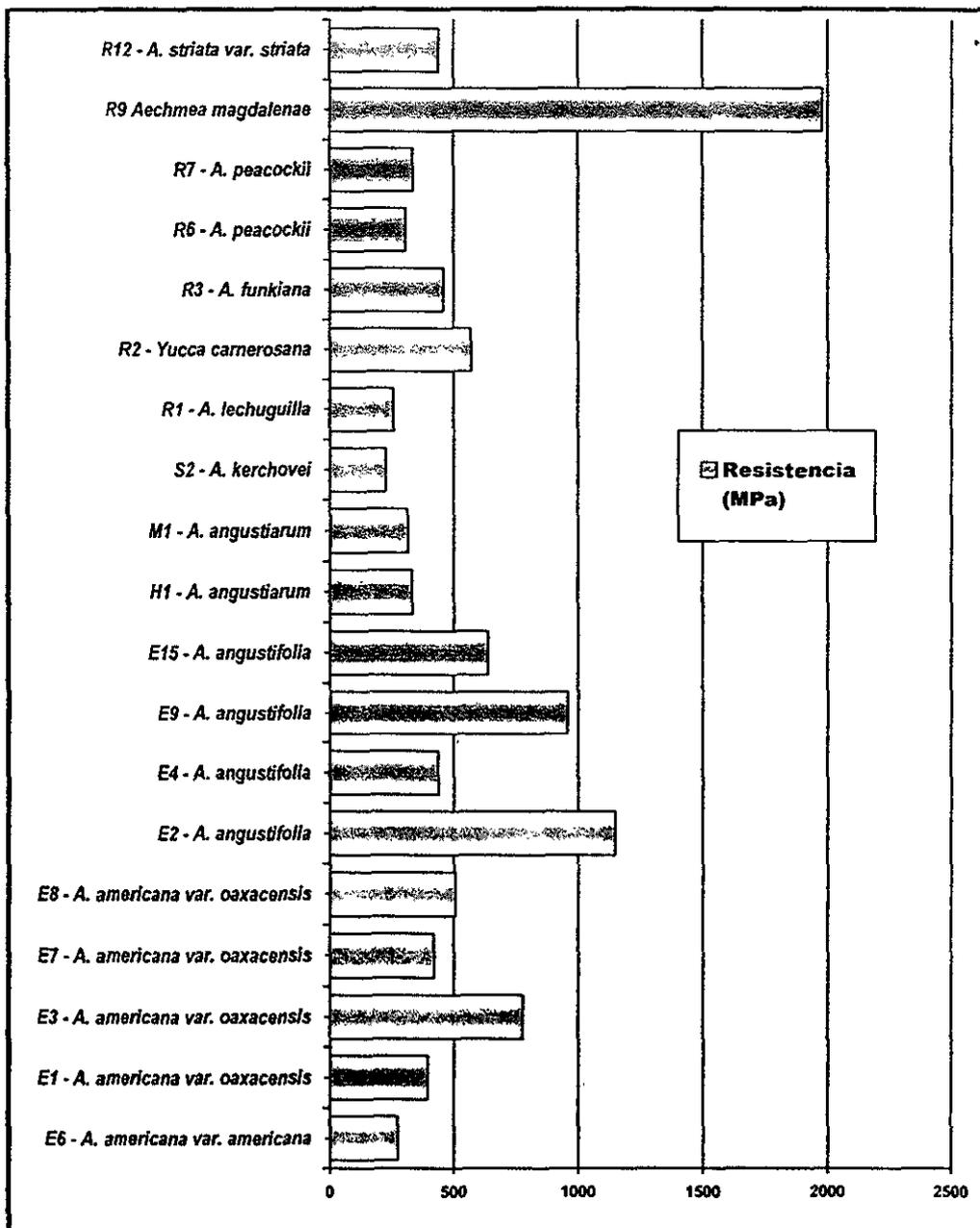


Figura 26.- Resistencia de diversas fibras duras de agaváceas y bromeliáceas mexicanas, considerando el proceso de obtención.

la debilidad (o poca resistencia) de las estructuras, producida por el proceso de desfibrado (fig. 27).

Por su parte, al considerar al conjunto de fibras de agaváceas y bromeliáceas mexicanas, podemos observar que el valor más alto se mantiene en *A. angustifolia* (E9), mientras que, el efecto debilitante del proceso de desfibrado se traduce en los bajos valores obtenidos por las muestras de *A. striata* var. *striata* (R12) (fig. 27), especie que para lograr su desfibrado se somete primeramente a la acción térmica (asado previo de las hojas) para reblandecer los tejidos parenquimáticos y liberar a las fibras.

Módulo elástico.

El parámetro denominado Módulo elástico o Módulo de Young se refiere a la capacidad que tiene una fibra de estirarse (o deformarse) y recuperar su estructura original sin sufrir cambios. Su valor más alto entre las fibras de Oaxaca se presenta en *A. angustifolia* (E9) con 18,470 MPa, mientras que el valor más bajo se reporta para *A. americana* var. *americana* (E6) con 3,420 MPa (fig. 28).

Esta cualidad de las fibras está directamente relacionada con la resistencia y la deformación, toda vez que una fibra con características adecuadas de deformación, será mucho más resistente durante los procesos en los que se aplica una fuerza, condición que se traduce en valores favorables de elasticidad (Módulo elástico), como es el caso en la muestra E9.

No obstante, al considerar al conjunto de fibras de agaváceas y bromeliáceas mexicanas, el módulo elástico más alto se observó en *Aechmea magdalenae* (R9), lo cual concuerda con los valores que esta misma especie presentó en la prueba de resistencia, y como se mencionó con anterioridad, una característica (Resistencia) es producto de la otra (Módulo elástico o Elasticidad).

Absorción de energía a la tensión

La Absorción de energía a la tensión, se refiere a la energía requerida para romper una fibra, dicho parámetro reporta su valor más alto en *A. americana* var. *oaxacensis* (E3) con 4,321 N/mm

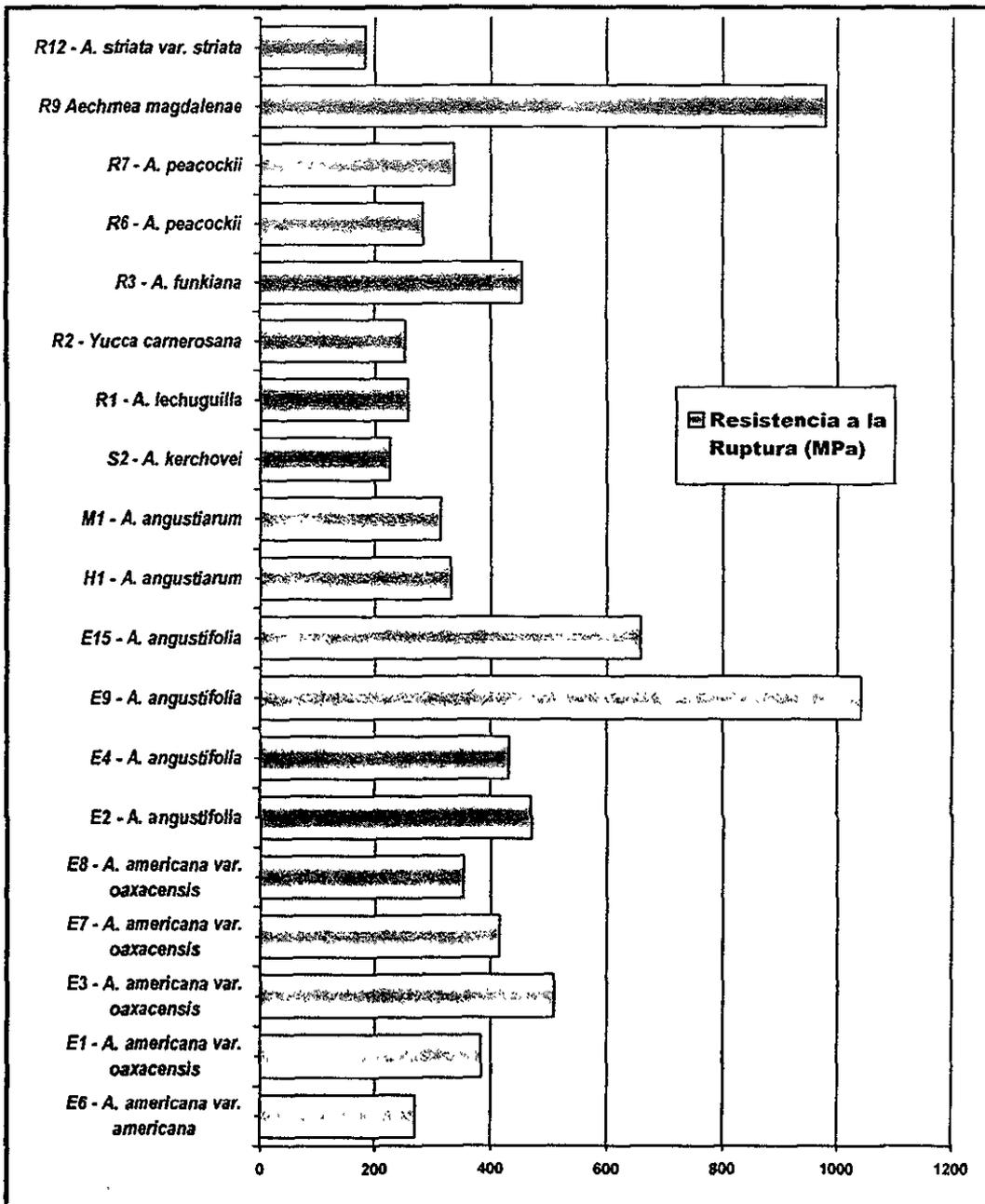


Figura 27.- Resistencia a la Ruptura de diversas fibras duras de agaváceas y bromeliáceas mexicanas, considerando el proceso de obtención.

(Newton por milímetro). En lo referente al valor más bajo, aunque según el análisis se reporta para la muestra E8, también correspondiente a fibras de *A. americana* var. *oaxacensis*, se debe considerar que dichas fibras se tratan de un caso que requiere de un trato especial, y se debe considerar como dicho valor (como el más bajo) el reportado para *A. angustifolia* (E2) con 950.48 N/mm (fig. 29).

El valor reportado para la muestra E8 es posiblemente el reflejo de otros factores que influyeron sobre la calidad de esas fibras, tales como el tiempo transcurrido entre el proceso de obtención de la fibra y su adquisición para realizar el análisis, es decir que se puede tratar de una fibra "muy vieja". Aunque también pudiera estar influyendo la constitución genética de la especie, es decir que la alta variabilidad dentro de la misma y representada en diferentes muestras sea

producto de la variabilidad natural expresada en diferentes fenotipos. En este mismo sentido se puede argumentar que aún tratándose de dos muestras de una misma especie (la de los valores más

altos y la de los más bajos), pero dada su condición de cultivada, resulten ser una muestra de un poliploide y otra de otro, pudiera ser un tetraploide y un hexaploide por ejemplo. Sin embargo se debe seguir apoyando este análisis con otros factores, tales como la constitución anatómica de las hojas, la composición química de las fibras, el proceso de obtención de las mismas y otras características que permitan explicar este fenómeno.

En conclusión se puede decir que la alta variabilidad en los parámetros determinados con el análisis físico, es tan sólo una muestra de la compleja variabilidad que se presenta en un material 100 % natural como lo son las fibras duras de las agaváceas mexicanas, es decir que la heterogeneidad en los valores se deben a que ni siquiera dentro de una misma muestra existen dos fibras con calidades iguales, aunque sus valores realmente fluctúan dentro de un rango, que es el que se detectó con las pruebas realizadas.

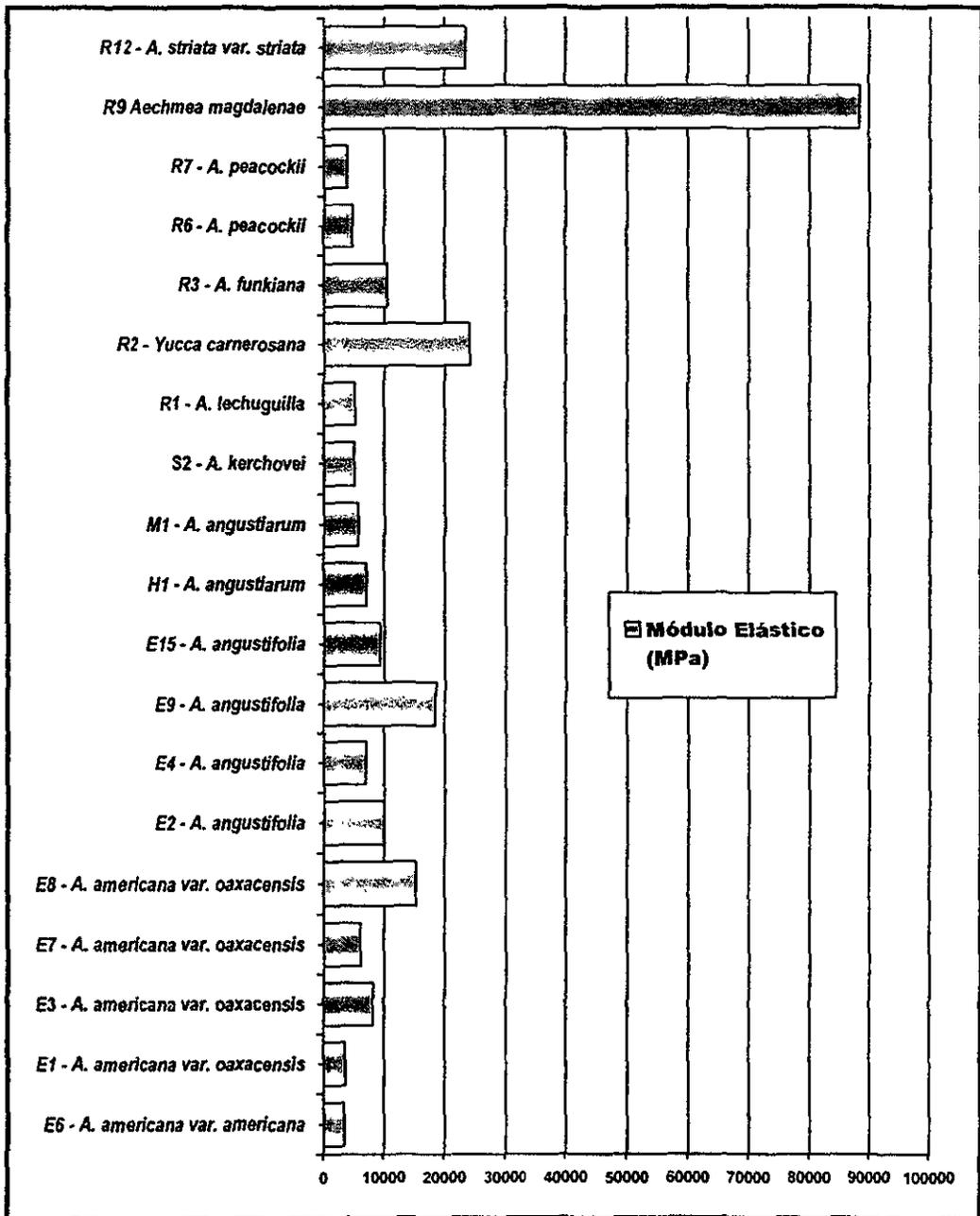


Figura 28.- Módulo elástico de diversas fibras duras de agaváceas y bromeliáceas mexicanas, considerando el proceso de obtención.

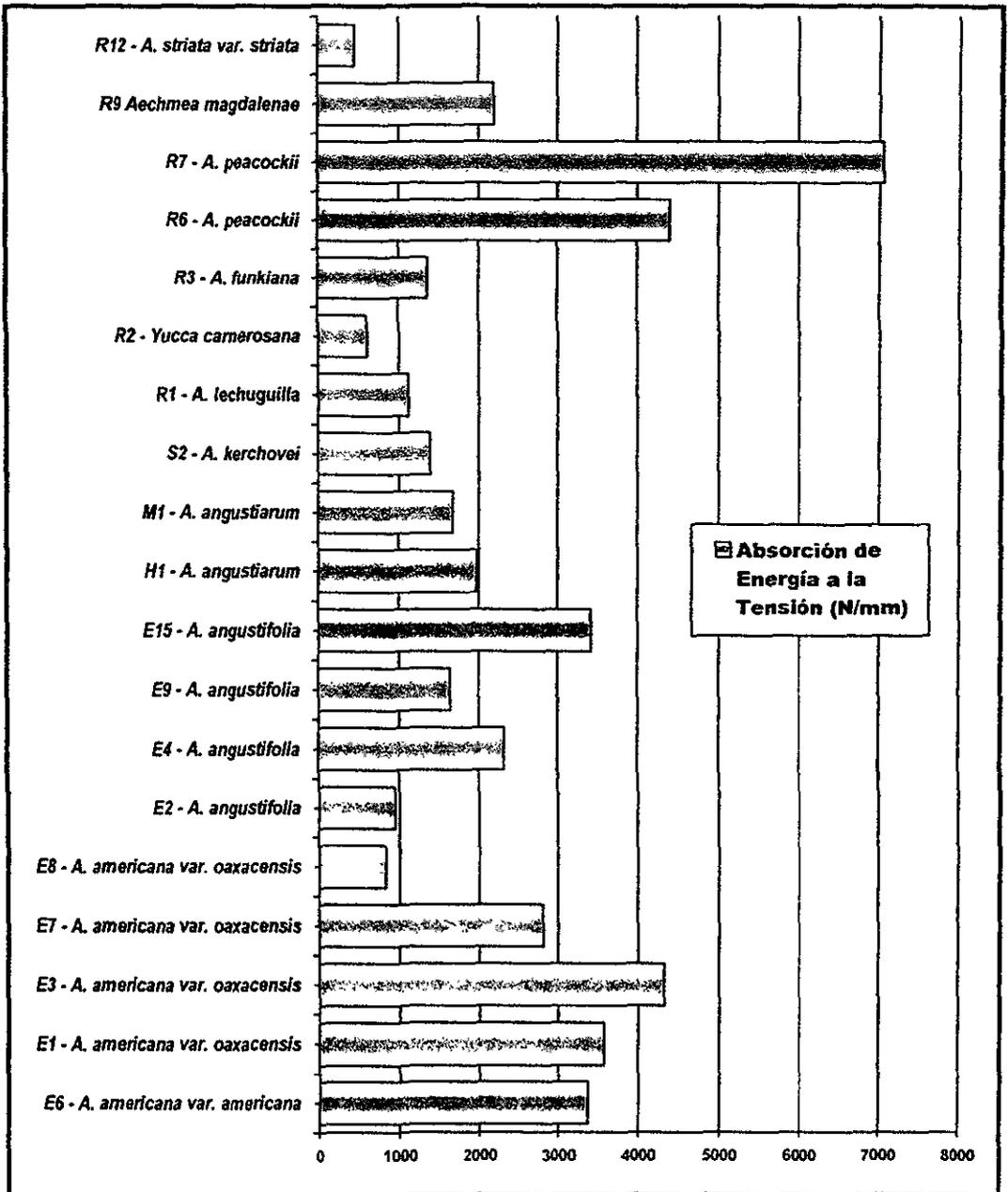


Figura 29.- Valores de Absorción de energía a la tensión de diversas fibras duras de agaváceas y bromeliáceas mexicanas, considerando el proceso de obtención.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

CALIDAD DE LAS FIBRAS

Considerando los resultados de las pruebas mecánicas, la experiencia de los productores de fibras duras y la preferencia de ciertas especies para la obtención de ixtle se concluye que *Agave angustifolia* es la especie que ofrece las mejores características mecánicas para la elaboración de artículos de ixtle, debido a que presenta un diámetro considerado como el más delgado entre las fibras de los agaves de Oaxaca y porque posee los valores más altos tanto de resistencia como del módulo elástico. Otra variable que también lo favorece es su rápido crecimiento (completa su ciclo de vida en 8-10 años) comparado con otras especies de *Agave* que han sido seleccionados como cultivares para la obtención de alguno de los tantos productos que desde antaño han ofrecido estos vegetales a la especie humana en estas latitudes. Cabe señalar que estas razones han determinado que esta especie sea la que domina como cultivo por las grandes extensiones que ocupan sus plantaciones con fines de producción de mezcal (cerca de 14,000 has) en el estado de Oaxaca.

La otra especie que tiene gran potencialidad por sus cualidades mecánicas, pero sobre todo por su deformación es *A. americana* var. *oaxacensis* y porque en resistencia le sigue a *A. angustifolia*. De la misma manera que como con *A. angustifolia*, *A. americana* var. *oaxacensis* ha sido seleccionada y cultivada a tal grado, que de esta variedad no se conocen los ancestros silvestres, lo cual nos hace pensar que su cultivo está íntimamente ligada con las cualidades mecánicas que posee y solo se ubica como segunda en importancia por el período de vida un poco más retardado que la primera de las especies referidas (10 a 15 y hasta 30 años de vida para alcanzar su madurez).

Respecto a las fibras de otras monocotiledóneas empleadas por sus fibras, cabe señalar que los valores más altos de resistencia y deformación, así como a su diámetro muy delgado y a la mayor longitud correspondieron a *Aechmea magdalenae* (Bromeliaceae).

Así mismo se concluye que la deformación y la resistencia de *A. americana* var. *oaxacensis* justifican el porque se prefiere para elaborar artículos flexibles, pero también resistentes como

las redes de carga tanto de uso doméstico como de uso agrícola (como se observa en los distritos de Villa Alta y Tlacolula). Cabe señalar que en el distrito de Tlacolula (en San Pablo Güila), la manufactura de estos artículos y la escasa producción de la fibra de esta especie motiva a que se adquiera el ixtle de la región productora más cercana que es el distrito de Villa Alta.

En el caso de las fibras cortas se concluye que *A. kerchovei* es la especie de mayor uso como materia prima para la manufactura de artículos de ixtle para el autoabasto, sobre todo en un gran porcentaje de las comunidades de la Sierra Sur, la preferencia por este *Agave* se debe a que es la única especie cuyas fibras se pueden obtener sin la necesidad de emplear agua en el proceso de extracción. Sin embargo, la utilización de fibras obtenidas de *A. kerchovei* mediante el desfibrado en seco, no excluye el que se obtengan fibras duras de *A. angustifolia* por el método de enriado en la época de lluvias, que es cuando el recurso agua está disponible.

Además cabe agregar que aún cuando *A. kerchovei* presenta valores muy bajos de resistencia (mecánicamente hablando), también se le prefiere por su popular "resistencia", que más bien debe entenderse como durabilidad (o tiempo de vida útil), que según información de los productores de San Agustín Amatengo, puede llegar hasta los 15 años, no obstante que los "cabos de 8 hilos", que se fabrican con esta especie, se destinan a las labores agrícolas más pesadas, como lo es la sujeción de animales de tiro o de carga.

En lo referente a los métodos de obtención de fibras duras cabe concluir que el enriado es el proceso que produce las fibras más delgadas, más limpias y más completas, ya que el efecto mecánico de separación que se le aplica es en realidad mínimo. Por su parte el majado es el método de obtención que mayor daño le imprime a las fibras obtenidas, sobre todo porque la acción mecánica que se ejerce durante el proceso, es el factor que determina que se separen o no las fibras, mismo que se traduce en baja calidad en el ixtle. Esto último se puede comprobar entre los productores de la Mixteca, sobre todo en San Pedro Nopala, que debido a esta última condición, han casi perdido la posibilidad de comercializar los productos elaborados con este tipo de fibras.

Todo lo anterior nos permite aceptar que la hipótesis planteada es verdadera, dado que efectivamente se puede observar que las características mecánicas (resistencia, tensión a la ruptura, deformación) de las fibras dependen de los métodos de obtención a los que fueron sometidas y que las especies reportadas como las mejores, corresponden a aquellas especies que han sido seleccionadas a lo largo de la historia por aquellas poblaciones humanas que todavía las emplean para satisfacer algunas de sus necesidades.

RECOMENDACIONES

Después de analizar las cualidades mecánicas, los procesos de selección y cultivo de las especies de *Agave* empleadas para los procesos de obtención de fibras duras, se recomienda que los agaves más útiles para este fin son *A. angustifolia* y *A. americana* var. *oaxacensis*, lo cual es compatible con otros usos a los que se destinan estos vegetales, tales como la producción tanto de bebidas fermentadas (tepache y pulque) como de bebidas destiladas (mezcal). Así mismo cabe agregar que estas dos especies son las que reportan los más altos valores de productividad (utilizable o económicamente rentable), ya que su rendimiento en fibra dura por planta utilizada así lo demuestra.

En lo que respecta a los métodos de obtención de las fibras duras, el presente estudio demostró que el enriado es el proceso por el que se produce el ixtle con las características mecánicas más destacadas y compatibles con las exigencias del mercado de las fibras duras en el mundo. Si bien es un proceso que requiere de un abasto importante de agua, en los poblados en los que se practica este método ya se empiezan a establecer procesos para el uso racional del recurso hídrico, tan importante para esta y otras actividades humanas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, S. M. 1952. Fibras y lanas vegetales en el Ecuador. Instituto Ecuatoriano de Ciencias Naturales. Separata del Boletín de informaciones científicas adicionales No. 48. Contribución No. 21. Edit. Casa de la Cultura Ecuatoriana. Quito, Ecuador. pp: 6-85.
- Almaráz, A. N. 1984. Estudio etnobotánico de los agaves del Altiplano Potosino. Tesis Licenciatura en Biología. E. N. E. P. Iztacala- U.N.A.M. México, D.F. 254 p.
- American Society for Testing and Materials Standars. 1989. Annual Book. Volume 07.01: Textiles-yarns, and general test methods; and Volume 07.02: Textiles-yarns, and zippers.
- Anónimo. 1975. Explotación de la zona ixtlera en cinco estados de la República. Bosques y Fauna 12(3): 28-33.
- Anónimo. 1995. Anuario estadístico del estado de Oaxaca. Instituto Nacional de Geografía e Informática - Gobierno del estado de Oaxaca. Oaxaca. 724 p.
- Ash, A.L. 1948. Hemp: Production and utilization. Econ. Bot. 2(2): 158-169.
- Atal, C.K. 1961. Effect of giberellin on the fibers of hemp. Econ. Bot. 15(2): 133-139.
- Bally W. and F. Tobler. 1955. Hard Fibres. Econ. Bot. 9(4): 376-399.
- Belmares, H., A. Barrera, E. Castillo y M. Monjarás. 1985. El uso de fibras naturales duras como material de construcción: estado de avance. In: Cruz, C. *et al.*(Editores), 1985. Biología y aprovechamiento integral del henequén y otros agaves. Centro de Investigación Científica de Yucatán. Mérida, México. pp: 231-242.
- Berkman, B. 1949. Milkweed: a war strategic material and potencial industrial crop for sub-marginal lands in the United States. Econ. Bot. 3(3): 223-239.
- Bezuneh, T. & A. Feleke. 1966. The production and utilization of the genus *Ensete* in Ethiopia. Econ. Bot. 20(1): 65-70.
- Bird, J. 1948. America's oldest farmers. Nat. Hist. 57: 296-303, 334-335.
- Blunden, Y.Y. & K. Jewers. 1973. The comparative leaf anatomy of *Agave*, *Beschorneria*, *Doryanthes* and *Furcraea* species (Agavaceae: Agaveae). Bot. J. Linn. Soc. 66: 157-159.

- Bye, R. A., D. Burgess & A. Mares T. 1975. Ethnobotany of the western Tarahumara of Chihuahua, México. I. Notes on the genus *Agave*. Bot. Mus. Leaf. 24(5): 85-112.
- Campos V. A., Cortés A.L., Dávila A.P., García M.A., Reyes S. J., Toriz A.G., Torres C.L. y Torres C. R. 1992. Plantas y flores de Oaxaca. Cuadernos del Instituto de Biología No. 18. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 62 p.
- Castorena, S.I. 1985. Estudio citogenético de agaves productores de fibra en Yucatán: *Agave angustifolia* var. *marginata*, *A. fourcroydes*, *A. ixtli*, *A. sisalana* y *A.* híbrido 11,648. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. México, D. F. 86 p.
- Clark, T.F. 1965. Plant fibers in the paper industry. Econ. Bot. 19(4): 394-405.
- Colunga, G.M.P. & F. May, P. 1993. *Agave* studies in Yucatán, México. I. Past and present germoplasm diversity and uses. Econ. Bot. 47(3): 312-327.
- Crane, J.C. 1947. Kenaf: fiber plant rival of jute. Econ Bot. 1(3): 334-350.
- Crane, J.C. 1949. Roselle: a potentially important plant fiber. Econ. Bot. 3(1): 89-103.
- Crane, H.R. & J.B. Griffin. 1958. University of Michigan radiocarbon dates III. Science 128 (3332): 1117-1123.
- Critchfield, H.J. 1951. *Phormium tenax*: New Zealand's native hard fiber. Econ. Bot. 5(2): 172-184.
- Cruz, C., L. Castillo, M. Robert y R. Ondarza (editores). 1985a. Biología y aprovechamiento integral del henequén y otros agaves. Centro de Investigación Científica de Yucatán. Mérida, México. 297 pp.
- Cruz, C., R. Orellana & M.L. Robert. 1985b. *Agave* research progress in Yucatán. Desert Plants 7(2): 71-73, 80, 89-92.
- Cházaro, B.M. 1989. Agavaceae del centro de Veracruz y zona limitrofe de Puebla. Cact. Suc. Mex. 34: 3-16.
- Christensen, B. 1963. Bark paper and witchcraft in indian México. Econ. Bot. 17(4): 360-367.

- De Caire, R.E. 1985. Ixtle: problemática socioeconómica. *In*: Cruz, C. *et al.* (editores). 1985. Biología y aprovechamiento integral del henequén y otros agaves. Centro de Investigación Científica de Yucatán. Mérida, México. pp: 279-290.
- De los Santos, E. J. 1997. La pita o ixtle de la Chinantla, Oaxaca. *Amate* 1(3): 11-14.
- Dewey, L. H. 1941. Fibras vegetales y su producción en América. Unión Panamericana. Oficina de cooperación agrícola. Washington, D.C. 109 p.
- Dodge, C.R. 1991. Sisal hemp culture in the United States. Divisions of statistics. Fiber investigations. Report No. 3. Department of agriculture. United States. 67 p.
- Esau, K. 1972. Anatomía vegetal. Ediciones Omega. Barcelona. pp: 226-249.
- F.A.O. 1969. Bonote: características, tendencias y problemas económicos. Serie sobre productos No. 44. Roma. 68 p.
- Ferrusquía-Villafranca, I. 1993. Geology of México: A Synopsis. *In*: Ramamoorthy, T.P., Bye, R. and Lot A. (Eds.). Biological diversity of Mexico: originis and distribution. Oxford Univesity Press. New York. pp: 3-108.
- Fishler, D.W. 1949. Fiber flax in Oregon. *Econ. Bot.* 3(4): 395-406.
- Flannery, K. (ed.). 1986. Güilá Naquitz: Archaic Foraging and early agriculture in Oaxaca, México. Academic Press. New York. 367 p.
- Flores M. A. y G. Manzanero. 1987. Evaluación ecológica de las comunidades vegetales del estado de Oaxaca. Parte II: Síntesis de los conocimientos de la vegetación. C.I.I.D.I.R.-I.P.N. Oaxaca. Inédito.
- Franco, G.C. 1991. Estudio etnobotánico de los magueyes en Xochipala Guerrero. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. México, D. F. 114 p.
- García, A. y A. De Sicilia. 1984. El mercado mundial de las fibras duras. Centro de Investigación Científica de Yucatán. Mérida, México. 105 p.
- García-Mendoza, A. 1987. Monografía del género *Beschorneria* Kunth (Agavaceae). Tesis de maestría. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. México, D. F. 131 p.

- García-Mendoza, A.** 1995. Riqueza y endemismos de la familia Agavaceae en México. *In*: Linares, E., P. Dávila, F. Chiang, R. Bye y T. Elias (Eds.). Conservación de plantas en peligro de extinción: diferentes enfoques. U. N. A. M. México, D. F. 287 p.
- García-Mendoza, A. y Galván V., R.** 1995. Riqueza de la familias Agavaceae y Nolinaceae en México. *Bol. Soc. Bot. México* 56: 7-24.
- Gentry, H.S.** 1982. *Agaves of continental North America*. University of Arizona Press. Tucson, Az. 670 p.
- Gispert C. M., Diego N., Jiménez J., Gómez A., Quintanilla J.M. y L. García.** 1979. Un enfoque en la metodología etnobotánica en México. *Medicina Tradicional* 2(7): 41-52.
- Gobierno del Estado de Hidalgo – Museo Nacional de Culturas Populares.** 1988. El maguey, árbol de las maravillas. Instituto Nacional Indigenista – Secretaría de Educación Pública – Dirección general de Culturas Populares. México, D. F. 178 p.
- González, E.M. y R. Galván V.** 1992. El maguey (*Agave* spp.) y los Tepehuanes de Durango. *Cact. Suc. Mex.* 37: 3-11.
- González R. G.** 1962. Reseña geológico-minera del estado de Oaxaca. Consejo Nacional de Recursos Naturales No Renovables. México, D.F. pp: 11-69.
- Hernández, F.** 1959. Historia natural de la Nueva España. Obras completas. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 423 p.
- Hernández X., E.** 1978. Exploración etnobotánica para la obtención de plasma germinal para México. En: *Los recursos genéticos de México*. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Chapingo, Edo. de México. pp: 3-12.
- Hume, E.P.** 1949. Coir dust or cocopeat: a byproduct of the coconut. *Econ. Bot.* 3(1): 42-45.
- Isenberg, I.H.** 1956. Papermaking fibers. *Econ. Bot.* 10(2): 176-193.
- Jalaluddin, M.** 1965. Studies in jute retting aerobic bacteria. *Econ. Bot.* 19(4): 384-393.
- Joyner, J.F. & F.D. Wilson.** 1967. Effects of row and plant spacing and time of planting on seed yield of kenaf. *Econ Bot.* 21(1): 99-102.
- Kirby, R.H.** 1950. Brush-making fibers. *Econ. Bot.* 4(3): 243-252.

- Kundu, B.C. 1956a.** Jute: world's foremost bast fibre. I: botany, agronomy, diseases and pests. Econ. Bot. 10(2): 103-133.
- Kundu, B.C. 1956b.** Jute: world's foremost bast fibre. II: technology, marketing, production and utilization. Econ. Bot. 10(3): 203-240.
- López R., D.G. 1981.** Curso de Historia Económica de México. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. pp: 16-21.
- Lorence D. & A. García-Mendoza. 1989.** Oaxaca, México. In: D.G. Campbell y H.D. Hammond (Eds.). Floristic inventory of tropical countries. Regional reports. IV. Central America. New York Botanical Garden. New York. pp. 254-268.
- Mac Neish, R.S. 1967.** A summary of the subsistence. In: Byers, D.S.(editor). The prehistory of the Tehuacán Valley. Environment and subsistence. Vol. 1 pp: 290-309.
- Maiti, R.K. 1969.** *Hibiscus vitifolius*, a new fibre crop. Econ. Bot. 23(2): 141-147.
- Matuda, E. y I. Piña L. 1980.** Las plantas mexicanas del género *Yucca*. Col. Misc. Edo. de México. LANFL. México, D.F. 145 p.
- McClung de T. E., M.C. Serra P. & A.E. Limón D. 1986.** Formative lacustrine adaptations: botanical remains from Terremote-Tlaltenco, D. F., México. Jour. Field Archaeology 13: 99-113.
- Mc. Laughlin, S.P. & S.M. Schuck. 1991.** Fiber propieties of several species of Agavaceae from southwestern United States and northern México. Econ. Bot. 45(4): 480-486.
- Menezes, T.J.B. & A. Azzini. 1985** Utilization of agroindustrial products for the manufacture of ethanol. In: Cruz, C. *et al.*(Eds.). Biología y aprovechamiento integral del henequén y otros agaves. Centro de Investigación Científica de Yucatán. Mérida, México. pp: 139-148.
- Mesa A.M. y R. Villanueva V. 1948.** La producción de fibras duras en México. Monografías Industriales del Banco de México. México, D. F. 435 p.
- Mirambell, L. 1978.** Historia de México. Tomo I. Salvat Mexicana editores. México, D. F. pp: 57-74.

- Mirambell, L. y F. Sánchez M. 1986. Materiales arqueológicos de origen orgánico: textiles. Departamento de Prehistoria. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México, D.F. pp: 1-94.
- Nderemberger, C. 1978. Inicios de la vida aldeana en América media. *In*: Mirambell, L. 1978. Historia de México. Tomo I. Salvat Mexicana editores. México, D. F. pp: 57-74.
- Orellana L.R. 1984. Las fibras duras: un recurso agroindustrial. *In*: García A. y A. De Sicilia. 1984. El mercado Mundial de las fibras duras. Centro de Investigación Científica de Yucatán. Mérida, México. pp: 6-10.
- Orme Jr., W.A. 1982. Battle to save henequén, mainstay of Yucatán. *Research and development México* 2(9): 22-27.
- Paddock H.K. 1958. Textile fibers and their use. Lippincott Company. New York. pp: 157-171, 276-315.
- Palma C., F. 1991. El género *Agave* L. y su distribución en el estado de Oaxaca. Tesis de licenciatura en Biología. E.N.E.P. Iztacala. U.N.A.M. México, D. F. 161 p.
- Pate, J.B., J.F. Joyner & C. Seale. 1960. Vigor in an interespecific hybrid of *Sansevieria*. *Econ. Bot.* 14(3): 175-179.
- Perdue, R.E., C.J. Kraebel & C.W. Yang. 1961a. Brush and filling fiber from bamboo. *Econ. Bot.* 15(2): 156-160.
- Perdue, R.E., C.J. Kraebel & T. Kiang. 1961b. Bamboo mechanical pulp for manufacture of chinese ceremonial paper. *Econ. Bot.* 15(2): 161-164.
- Perdue, R.E. 1968. African baskets in South Carolina. *Econ Bot.* 22(3): 289-292.
- Piña L., I. 1971. La zona ixtlera. *Cact. Suc. Mex.* 16(2): 27-35.
- Piña L., I. 1980. Algunos aspectos sobre las plantas del género *Yucca*. *In*: *Yucca*. Serie del desierto. Vol. 3. Centro de Investigación en Química Aplicada -Comisión Nacional de las Zonas Aridas. Saltillo, México. pp: 13-20.
- Purseglove, J.W. 1972. Agavaceae. *In*: Tropical crops. Monocotyledons. Vol. 1. J. Wiley & Sons Inc. New York. pp: 7-36.

- Ramírez L., A. 1932. Agaves textiles de México. Folleto de divulgación científica. Instituto de Biología. U.N.A.M. México, D. F. 22 p.
- Ramírez L., M.P. 1986. El ixtle. En: Consulta al pueblo. Memoria de la campaña política del Lic. Heladio Ramírez López. Centro de Estudios Políticos y Sociales del Partido Revolucionario Institucional. Oaxaca. pp: 34-35, 40-41.
- Rangel C., S. 1987. Etnobotánica de los agaves del Valle del Mezquital. Tesis de licenciatura. Biología. E. N. E. P. Iztacala -U. N. A. M. México, D. F. 180 p.
- Robinson, B.B. 1947. Minor fiber industries. Econ. Bot. 1(1): 47-56.
- Robles S., R. 1980. Producción de oleaginosas y textiles. Editorial Limusa. México, D. F. pp: 615-641.
- Rose, J. N. 1899. Notes on useful plants of Mexico. Contr. U. S. Natl. Herb. 5(4): 238-253.
- Rzedowski, J. 1964. Botánica Económica. In: Beltrán (editor). 1964. Las zonas áridas del centro y noreste de México y el aprovechamiento de sus recursos. I.M E.R.N.A.R. México, D. F. pp: 135-152.
- Schery, R.W. 1972. Plants for man. Prentice Hall Inc. New Jersey. pp: 166-202.
- Sheldon, S. 1980. Ethnobotany of *Agave lecheguilla* and *Yucca carnerosana* in México's zona ixtlera. Econ Bot. 34 (4): 376-390.
- Simpson, B.B. & M. Conner O. 1986. Economic Botany: Plants in our world. Mc Graw-Hill Book Company. New York U.S.A. pp: 473-507.
- Sisal Research Station (Compilador). 1974. Un manual para productores de sisal. Editado por CORDEMEX. México. 80 p.
- Smith, C.E. 1965. Plant fibers and civilization: cotton, a case in point. Econ Bot. 19(1): 71-82.
- Smith, C.E. 1967. Plant remains. In: Byers, D.G.(editor). The prehistory of the Tehuacán Valley. Environment and subsistence. Vol. 1. pp: 220-255.
- Smith, C.E. & T. Kerr. 1968. Pre-conquest plant fibers from the Tehuacán Valley, México. Econ. Bot. 22(4): 354-358.
- Spencer, J.E. 1953. The abacá plant and its fiber: Manila hemp. Econ. Bot. 7(2): 195-213.

- Toledo, V.M., 1982. La etnobotánica hoy: reversión del conocimiento, lucha indígena y proyecto nacional. *Biótica* 7(2): 141-150.
- Trelease, W. 1909. El zapupe. Imprenta y fototipia de la Secretaria de Fomento. México, D. F. 29 pp.
- Velázquez, M.A. y F. Gómez L. 1981. Aprovechamiento de la palmilla (*Nolina* sp.) en el noreste del estado de Sonora. *Chapingo* 27-28: 10-14.
- Villalvazo N.J., F. Ramírez C. y K.A. Grellmann. 1985. Estudios técnicos y económicos para la instalación de una planta de celulosa y papel a partir de henequén, en el estado de Yucatán. *In: Cruz, C. et al.*(Eds.). *Biología y aprovechamiento integral del henequén y otros agaves*. Centro de Investigación Científica de Yucatán. Mérida, México. pp: 213-222.
- Wilson, F.D. y M.Y. Menzel. 1964. Kenaf (*Hibiscus cannabinus*), Roselle (*H. sabdariffa*). *Econ. Bot.* 18(1): 80-91.
- Wilson, F.D., J.F. Joyner & D.W. Fishler. 1965. Fiber yields in *Sansevieria* interespecific hybrids. *Econ. Bot.* 23(2): 148-155.
- Wilson, F.D. 1967. An evaluation of kenaf, roselle and *Hibiscus* for fiber production. *Econ. Bot.* 21(2): 132-139.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

ANEXO No.- 1.

I).- FIBRAS TEXTILES (Rose, 1899; Dewey, 1941; Crane, 1947; Robinson, 1947; Berkman, 1949; Crane, 1949; Fishler, 1949; Critchfield, 1951; Acosta, 1952; Wilson & Menzel, 1964; Kundu, 1956a; Kundu, 1956b; Pate *et al.* 1960; Jalaluddin, 1965; Wilson *et al.* 1965; Bezuneh & Feleke, 1966; Wilson, 1967; Joyner & Wilson, 1967; Bye *et al.*, 1975; Robles, 1980; Velázquez y Gómez, 1981).¹

Ia.- FIBRAS DURAS		
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA BOTÁNICA
Henequén	<i>Agave fourcroydes</i> Lem.	Agavaceae
Sisal	<i>A. sisalana</i> Perr.	Agavaceae
Letona	<i>A. letonae</i> Taylor (= <i>A. angustifolia</i> Haw. var. <i>letonae</i> Gentry)	Agavaceae
Cantala	<i>A. cantala</i> Roxb.	Agavaceae
Lechuguilla	<i>A. lechuguilla</i> Torr.	Agavaceae
Guisime	<i>A. pacifica</i> Trel. (= <i>A. angustifolia</i> Haw.)	Agavaceae
Chahuí	<i>A. multifilifera</i> Gentry	Agavaceae
Tampico hemp	<i>A. heteracantha</i> Zucc. (= <i>A. ensifera</i> Jacobi)	Agavaceae
	<i>A. rigida</i> Trel. (= ? <i>A. angustifolia</i> Haw.)	Agavaceae
Magüey cenizo	<i>A. americana</i> L.	Agavaceae
Magüey de pulque	<i>A. cochlearis</i> Jacobi (= <i>A. salmiana</i> Otto ex Salm)	Agavaceae
Guapilla	<i>A. falcata</i> Engelm. (= <i>A. striata</i> Zucc. ssp. <i>falcata</i> Gentry)	Agavaceae
Magüey	<i>A. geminiflora</i> Karw.	Agavaceae
Tapemete	<i>A. vivipara</i> L. (= ? <i>A. cantala</i> Roxb.)	Agavaceae
Mezcal o magüey azul	<i>A. tequilana</i> Weber	Agavaceae
Zapupe	<i>A. zapupe</i> Trel. (= <i>A. angustifolia</i> Haw.)	Agavaceae
Zapupe verde	<i>A. deweyana</i> Trel. (= <i>A. angustifolia</i> Haw. var. <i>deweyana</i> Gentry)	Agavaceae
Pitiera	<i>Furcraea gigantea</i> Vent.	Agavaceae

¹ Nota: las especies que aparecen resaltadas en negritas, son aquellas que se utilizan en México.

Ia.- FIBRAS DURAS

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA BOTÁNICA
Cabuya	<i>F. cabuya</i> Trel.	Agavaceae
Fique	<i>F. macrophylla</i> Baker	Agavaceae
Cuchao	<i>F. andina</i> Trel.	Agavaceae
Cocuiza	<i>F. selloa</i> K. Koch.	Agavaceae
Pitre	<i>F. foetida</i> (L.) Haw.	Agavaceae
Sacahuiste	<i>Nolina microcarpa</i> S. Wats.	Nolinaceae
Palmilla	<i>N. texana</i> S. Wats.	Nolinaceae
	<i>N. bigelovii</i> (Torrey) S. Wats.	Nolinaceae
Sansevieria	<i>Sansevieria trifasciata</i> Prain	Dracaenaceae
Palma Pita o Izote	<i>Yucca treculeana</i> Carr.	Agavaceae
Palma Barreta	<i>Y. carnerosana</i> (Trel.) McKelv.	Agavaceae
Palma China	<i>Y. decipiens</i> Trel.	Agavaceae
Palma de Mohave	<i>Y. arizonica</i> McKelvey	Agavaceae
Palma de banano	<i>Y. baccata</i> Torr.	Agavaceae
Palma blanca	<i>Y. faxoniana</i> (Trel.) Sarg.	Agavaceae
Palma loca	<i>Y. filifera</i> Chabaud	Agavaceae
Palma de Ixtle	<i>Y. torreyi</i> Shafer	Agavaceae
	<i>Y. elata</i> Engelm.	Agavaceae
	<i>Y. whipplei</i> Torr.	Agavaceae
Pita	<i>Beschorneria yuccoides</i> C. Koch	Agavaceae
	<i>B. rigida</i> Rose	Agavaceae
Samandoque	<i>Hesperaloë funifera</i> (Koch) Trel.	Agavaceae
Pita floja	<i>Aechmea magdalenae</i> André	Bromeliaceae
Lino de Nueva Zelanda	<i>Phormium tenax</i> Forster.	Phormiaceae
Abacá	<i>Musa textilis</i> Neé	Musaceae
Inset o Ensete	<i>Ensete ventricosum</i> (Welw.) Cheesm	Musaceae

Ib.- FIBRAS SUAVES

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA BOTÁNICA
Jeete	<i>Marsdenia tenacissima</i> Wight & Arn.	Asclepiadaceae
Cáñamo	<i>Cannabis sativa</i> L.	Cannabinaceae
Lino	<i>Linum usitatissimum</i> L.	Linaceae
Yute	<i>Corchorus capsularis</i> L.	Tiliaceae
Malva del judío	<i>C. olitorius</i> L.	Tiliaceae
Ramio	<i>Boehmeria nivea</i> (L.) Gaudich.	Nictaginaceae
Cadillo	<i>Urera lobata</i> L.	Urticaceae
Cardencha	<i>Dipsacus fullonum</i> L.	Dipsacaceae
	<i>D. sylvestris</i> Mill.	Dipsacaceae
Jamaica o Roselle	<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.	Malvaceae
Kenaf	<i>H. cannabinus</i> L.	Malvaceae
Hibiscos	<i>H. vitifolius</i> L.	Malvaceae
	<i>H. surattensis</i> L.	Malvaceae
	<i>H. rostellatus</i> Guill. et Per.	Malvaceae
	<i>H. acetosella</i> Welw. ex Hiern.	Malvaceae
	<i>H. diversifolius</i> Jacq.	Malvaceae
	<i>H. maculatus</i> Lam.	Malvaceae
	<i>H. furcellatus</i> Lam.	Malvaceae
	<i>H. meeusei</i> Exell.	Malvaceae
	<i>H. dongolensis</i> Del.	Malvaceae
	<i>H. bifurcatus</i> Cav.	Malvaceae
Seda de asclepia	<i>Asclepias syriaca</i> L.	Asclepiadaceae
	<i>A. involucrata</i> Eng.	Asclepiadaceae
	<i>A. semilunata</i> N. E. Br.	Asclepiadaceae

II).- FIBRAS PARA ESCOBAS Y CEPILLOS (Kirby, 1950; Perdue *et al.* 1961a; Perdue *et al.* 1961b; Perdue *et al.* 1968; Robles, 1980).

FIBRAS PARA ESCOBAS Y CEPILLOS		
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA BOTÁNICA
Raíz de Zacatón	<i>Muhlenbergia macroura</i> (Benth.) Hitchc.	Poaceae
Bambú	<i>Bambusa arundinacea</i> Roxb.	Poaceae
	<i>Phyllostachys aurea</i> McClure	Poaceae
Pasto espartina	<i>Spartina spartinae</i> (Trin.) Merr.	Poaceae
	<i>S. pectinata</i> Link.	Poaceae
Esparto	<i>Stipa tenacissima</i> L.	Poaceae
	<i>Lygeum spartum</i>	Poaceae
Pasto aguja	<i>Fimbristylis castanea</i> (Michx.) Vahl.	Cyperaceae
Pasto dulce	<i>Sporobolus gracilis</i> (Trin.) Merr.	Poaceae
	<i>Hierochloa odorata</i> L.	Poaceae
Retama	<i>Spartium junceum</i> L.	Fabaceae
Sorgo	<i>Sorghum vulgare</i> Pers.	Poaceae
Piassava de Bahía	<i>Attalea funifera</i> Mart.	Arecaceae
Piassava de Pará	<i>Leopoldinia piassaba</i> Wall.	Arecaceae
Palmito de Col	<i>Sabal palmetto</i> (Walt.) Lodd.	Arecaceae
Corozo	<i>Acrocomia mexicana</i> Karw.	Arecaceae
Yarey	<i>Sabal yapa</i> (Wright.) Stand.	Arecaceae
Soyate	<i>Brahea dulcis</i> (H.B.K.) Mart.	Arecaceae
Palma real	<i>Sabal mexicana</i> Mart.	Arecaceae
Palmira	<i>Borassus flabellifer</i> L.	Arecaceae
Palmito aserrado	<i>Serenoa repens</i> (Bartr.) Small.	Arecaceae

FIBRAS PARA ESCOBAS Y CEPILLOS

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA BOTÁNICA
Palma dentada	<i>Caryota urens</i> L.	Areaceae
Palma azucarera	<i>Arenga saccharifera</i> Lab.	Areaceae

III.- PAJAS FIBROSAS (Robinson, 1947; Perdue *et al.* 1961b; Perdue *et al.* 1968; Robles, 1980).

PAJAS FIBROSAS

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA BOTÁNICA
Bambú	<i>Bambusa arundinacea</i> Roxb.	Poaceae
	<i>Phyllostachys aurea</i> McClure	Poaceae
Pasto espartina	<i>Spartina spartinae</i> (Trin.) Merr.	Poaceae
	<i>S. pectinata</i> Link.	Poaceae
Esparto	<i>Stipa tenacissima</i> L.	Poaceae
	<i>Lygeum spartum</i>	Poaceae
Pasto aguja	<i>Fimbristylis castanea</i> (Michx.) Vahl.	Cyperaceae
Pasto dulce	<i>Sporobolus gracilis</i> (Trin.) Merr.	Poaceae
	<i>Hierochloe odorata</i> L.	Poaceae
Retama	<i>Spartium junceum</i> L.	Fabaceae
Sorgo	<i>Shorgum vulgare</i> L.	Poaceae
Piassava de Bahía	<i>Attalea funifera</i> Mart.	Areaceae
Piassava de Pará	<i>Leopoldinia piassaba</i> Wall.	Areaceae
Palmito de Col	<i>Sabal palmetto</i> (Walt.) Lodd.	Areaceae

PAJAS FIBROSAS		
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA BOTÁNICA
Corozo	<i>Acrocomia mexicana</i> Karw.	Arecaceae
Yarey	<i>Sabal yapa</i> (Wright.) Stand.	Arecaceae
Soyate	<i>Brahea dulcis</i> (H.B.K.) Mart.	Arecaceae
Palma real	<i>Sabal mexicana</i> Mart.	Arecaceae
Palmira	<i>Borassus flabellifer</i> L.	Arecaceae
Palmito aserrado	<i>Serenoa repens</i> (Bartr.) Small.	Arecaceae
Palma dentada	<i>Caryota urens</i> L.	Arecaceae
Palma azucarera	<i>Arenga saccharifera</i> Lab.	Arecaceae
Heno o Paxtle	<i>Tillandsia usneoides</i> L.	Bromeliaceae
Pino	<i>Pinus palustris</i> Mill.	Pinaceae

IV).- FIBRAS PARA RELLENO (Robinson, 1947; Acosta, 1952; Robles, 1980; García y De Sicilia, 1984).

FIBRAS PARA RELLENO		
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA BOTÁNICA
Heno o Paxtle	<i>Tillandsia usneoides</i> L.	Bromeliaceae
Capoc	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaert.	Bombacaceae
Pochote	<i>C. aesculifolia</i> (H.B.K.) Britton & Baker	Bombacaceae
	<i>C. acuminata</i> Rose	Bombacaceae
Palo borracho	<i>Chorisia insignis</i> H.B.K.	Bombacaceae
Samuhú	<i>C. speciosa</i> St. Hil.	Bombacaceae
Seda de asclepia	<i>Asclepias syriaca</i> L.	Asclepiadaceae
	<i>A. involucrata</i> Eng.	Asclepiadaceae
	<i>A. semilunata</i> N. E. Br.	Asclepiadaceae

FIBRAS PARA RELLENO

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA BOTÁNICA
Sisal	<i>Agave sisalana</i> Perr.	Agavaceae
Henequén	<i>A. fourcroydes</i> Lem.	Agavaceae
Zapupe	<i>A. angustifolia</i> Haw.	Agavaceae
Bonote	<i>Cocos nucifera</i> L.	Arecaceae

V).- FIBRAS PARA PAPEL (Isenberg, 1956; Christensen, 1963; Clark, 1965; Robles, 1980).

FIBRAS PARA PAPEL

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA BOTÁNICA
Bambú	<i>Bambusa arundinacea</i> Roxb.	Poaceae
	<i>Phyllostachys aurea</i> McClure	Poaceae
Pasto espartina	<i>Spartina spartinae</i> (Trin.) Merr.	Poaceae
	<i>S. pectinata</i> Link	Poaceae
Esparto	<i>Stipa tenacissima</i> L.	Poaceae
	<i>Lygeum spartum</i>	Poaceae
Caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum</i> L.	Poaceae
Trigo	<i>Triticum aestivum</i> L.	Poaceae
Arroz	<i>Oryza sativa</i> L.	Poaceae
Cebada	<i>Hordeum vulgare</i> L.	Poaceae
Centeno	<i>Secale cereale</i> L.	Poaceae
Carrizo o Caña común	<i>Phragmites communis</i> Trin.	Poaceae
Papiro	<i>Cyperus papyrus</i> L.	Cyperaceae
Lino	<i>Linum usitatissimum</i> L.	Linaceae
Cáñamo	<i>Cannabis sativa</i> L.	Cannabinaceae

FIBRAS PARA PAPEL

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA BOTÁNICA
Algodón	<i>Gossypium spp.</i>	Malvaceae
Abacá	<i>Musa textilis</i> Neé	Musaceae
Sisal	<i>Agave sisalana</i> Perr.	Agavaceae
Henequén	<i>A. fourcroydes</i> Lem.	Agavaceae
Caroa	<i>Neoglaziovia variegata</i> Mez.	Arecaceae

ANEXO No. 2.

CUESTIONARIO BASE PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN REFERENTE A LA PRODUCCIÓN DE FIBRAS DURAS DE *Agave* EN OAXACA.

¿ Qué maguey utiliza para obtener el ixtle?.

¿Cuál es el nombre con el que se le reconoce a ese maguey en la región?.

¿ El maguey del que obtiene sus fibras, es cultivado o solamente se recolecta en el campo?.

¿ En qué consiste el proceso de obtención de ixtle que usted practica?.

¿ Qué instrumentos y herramientas emplea en cada paso del proceso?.

¿ De qué materiales están hechos los instrumentos y herramientas que emplea?.

¿ El ixtle que usted obtiene, lo destina al comercio o al consumo doméstico?.

En caso de destinarlo al comercio:

¿ Elabora usted algún objeto, artesanía o instrumento para darle mayor valor a su producto?.

¿ En qué mercado realiza usted la venta de sus productos?.

¿ Qué precio tiene cada uno de los productos que usted elabora?.

Para la manufactura de los artículos de ixtle ¿ Qué aparatos o herramientas utiliza?. ¿ De qué están hechos?. ¿ Cómo funcionan?.

¿ Qué cantidad de ixtle y/o productos elaborados del mismo produce usted al mes o al año?.

¿Cuál es la situación de la actividad ixtlera en su comunidad y/o región?. ¿Cuáles son las causas de tal situación?.