

Extracción de fibras de agave para elaborar papel y artesanías

Luis Antonio Parra Negrete*, Pedro del Villar Quiñones**, Antonio Prieto Rodríguez**

RESUMEN

Investigación aplicada para el aprovechamiento integral sustentable de vegetales nativos regionales, en la cual se extrajo fibra de seis especies de *Agave* (maguey); tres de hoja angosta (*A. lechuguilla*, *A. angustifolia* y *A. tequilana*) y tres de hoja ancha (*A. americana*, *A. salmiana* y *A. mapisaga*), utilizando tres métodos; 1) inmersión en agua a cielo abierto, 2) fermentación con y sin “aguamiel”, y 3) cocción de pencas. Se evaluó: color, olor, suavidad, enguiche, facilidad de desfibración, y tiempo empleado. En conclusión, el tratamiento más práctico fue el cocimiento de pencas, aunque no el más económico y ecológico. Los resultados obtenidos hasta esta etapa indican que de cada especie analizada se puede obtener papel y que éste presenta características distintivas que lo hacen atractivo para diferentes usos artesanales. Particularmente, las especies que produjeron los tipos de papel de mayor calidad para la escritura y el dibujo fueron *A. salmiana* y *A. mapisaga*.

ABSTRACT

Applied research for the sustainable integral use of regional native plants, which was extracted fiber from six species of *Agave* (common name maguey), three narrow-leaved (*A. lechuguilla*, *A. angustifolia* and *A. tequilana*) and three wide-leaved (*A. americana*, *A. salmiana* and *A. mapisaga*) by using three methods: 1) cooking of pads), 2) fermentation with and without aguamiel (maguey sweet juice) and 3) immersion in water open sky. By considering the variables color, odor, softness, enguiche, easiness of defibration and time spent. In conclusion, most practical treatment was the boiling of the fleshy leaves, but not the most economical and environmentally friendly one. The results got up to this stage indicate that paper can be obtained from each of the six species and that it shows characteristic features which make it attractive to be applied in various craft uses. In particular, the species producing the most paper with the best quality, i.e., for writing and drawing, were *A. salmiana* and *A. mapisaga*.

Recibido: 20 de mayo de 2010
Aceptado: 5 de noviembre de 2010

INTRODUCCIÓN

El *Agave* (nombre botánico o científico) ó “Maguey” (nombre común) pertenece a la familia de las agaváceas y dentro del reino vegetal es una de las plantas con mayor diversidad de usos, atribuyéndosele más de cien de ellos. Entre los más comunes se encuentran: la elaboración de mezcal, tequila, pulque, aunque también se pueden obtener concentrados de aguamiel, mieles, jarabe, vinagre, jabones, shampoo, fibras para artesanías, forraje, extractos medicinales, inulinas, esteroides, etc.

Palabras clave:

fibras vegetales; usos de los agaves; fabricación de papel; elaboración de artesanías.

Keywords:

vegetable fibers; agave uses; paper-making; making handicrafts.

Su aprovechamiento se remonta incluso hasta épocas prehispánicas, cuando se elaboraba papel a partir de las fibras maceradas de los Agaves. Motolinía lo describió así: “Hácese del methl (el maguey) buen papel; el pliego es tan grande como dos pliegos del nuestro; y de esto se hace mucho en Tlaxcala...” (Lenz, 1994). No obstante, actualmente en México, el uso de las fibras de las pencas del Agave para elaborar papel es muy limitado, y casi desconocido; de manera ocasional son utilizados los desechos denominados bagazo o marrana de la industria mezcalera y tequilera (Escoto-García, *et al.*, 2006).

* Departamento de Agronomía, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca. Universidad de Guanajuato. Correo electrónico: parral@dulcinea.ugto.mx,

** Departamento de Artes Visuales, División de Arquitectura, Arte y Diseño, Campus Guanajuato. Universidad de Guanajuato. Correos electrónicos: villar@quijote.ugto.mx, intur2000200@yahoo.com.mx

En otros países como Guatemala, Venezuela y Brasil, se han hecho estudios donde se revaloran las fibras de Agave como materia prima no leñosa para producir pulpa de papel. Así, Misra, citado por Santiago, y colaboradores, (2000), señala que se han registrado producciones hasta de 64,000 toneladas de pulpa blanqueada de alta calidad de fibra larga obtenida de sisal (*Agave sisalana*) y agrega, que tiene una resistencia a la rotura excepcionalmente elevada, siendo el resto de sus propiedades de resistencia comparables a las pulpas de madera de coníferas. Por ello, dicha pulpa se utiliza para manufacturar papeles especiales, tales como bolsitas de té, papel carbón, papel Biblia, papel aislante para cables y para condensadores, papel para cigarrillos y otras clases de papeles delgados.

En la presente investigación se partió de la hipótesis de que las fibras de cada especie de Agave tienen propiedades diferentes, y que por lo tanto responderían de modo distinto a los procesos de extracción de sus fibras, ofreciendo como resultado papel con características propias. En consecuencia, se plantearon los siguientes objetivos: a) caracterizar las pencas de seis especies de Agave, b) conocer su respuesta aplicando tres métodos de extracción de fibras y, c) elaborar papel artesanal de cada una de ellas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en el Centro de Agave de la División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca de la Universidad de Guanajuato. Se dispuso de material vegetal de seis especies de *Agave*, tres de hoja angosta: *Agaves*, *A. lechuguilla*, *A. angustifolia* y *A. tequilana* Weber Var azul y tres de hoja ancha: *Agaves*, *A. americana*, *A. salmiana* y *A. mapisaga*, que a continuación se describen de acuerdo a su comportamiento en el Centro de Agave de la Universidad de Guanajuato, ubicado en Irapuato, Guanajuato.

Especies de hoja angosta:

***Agave lechuguilla* Torr.** Distribuido ampliamente en el noreste de México, en los estados de San Luis Potosí, Zacatecas, Coahuila, Nuevo León, y Tamaulipas. La fibra de sus cogollos llamada ixtle es utilizada en la elaboración de objetos de jarcería, cestería y cordelería. Es de porte no mayor a 50 cm de altura, hojas lanceoladas de 20 cm a 35 cm de largo y 1.5 cm a 4 cm de ancho, color verde que varía de claro a oscuro según el medio; forma colonias de plantas.

***Agave angustifolia* Haw.** Se le considera como el ancestro común de todas las especies de hoja angosta, por

lo que es la especie más distribuida en todo México, cambiando de nombre común según cada región. Del destilado de sus jugos cocidos se obtiene "Mezcal" y de su piña cocida el dulce llamado también mezcal o quiote. En Yucatán sus fibras son altamente apreciadas en la decadente industria ixtlera o henequenera para cordelería. Las plantas son altas variando de 1.2 m a 1.8 m, hojas de 80 cm a 130 cm de largo y 3 cm a 5 cm de ancho, color verde claro o glauco.

***Agave tequilana* Weber, Var. azul.** Se localiza principalmente en los estados que tienen la Denominación de Origen del Tequila: Jalisco, Nayarit, Michoacán, Guanajuato y Tamaulipas. Sus fibras son utilizadas sólo después de pasar por el proceso de producción de tequila, a las cuales se les llama bagazo o marrana y son utilizadas para composta, y eventualmente para relleno de colchonería y paneles para construcción. Sus plantas son parecidas a las de la especie *A. angustifolia*, antes descrita, variando principalmente en su color azul característico y un poco en la suavidad de sus hojas y en su porte más bajo.

Especies de hoja ancha:

***Agave americana*.** También llamado maguey cenizo o blanco, se le encuentra en los estados del centro del país, su principal uso es para ornamento en jardinería, extracción de aguamiel, y sus pencas son poco utilizadas para forraje. En el sur del estado de Guanajuato es muy común y se han recogido testimonios de que de él se obtenían fibras muy resistentes utilizadas para hacer sogas, hondas y ayates. Son plantas de porte medio de 1.0 m a 1.4 m, con hojas de 80 cm a 120 cm de largo y de 15 cm a 20 cm de ancho, color verde glauco claro o grises. Son características sus hojas carnosas, y lisas o suaves al tacto.

***Agave salmiana*.** Esta es la especie de hoja ancha más distribuida en México, y se le considera el ancestro común de todas las especies de hoja ancha. Es uno de los dos agaves más utilizados para la producción de aguamiel y pulque, así como para forraje en verde, y sus pencas son preferidas para la elaboración de barbacoa y extracción de mixiote. Sus fibras fueron utilizadas en el pasado para la elaboración de ayates y piezas de uso diario como hondas, morrales, cordeles, etc. Según el ambiente llegan a ser plantas muy altas en madurez, variando de 1.5 m a 2.5 m, con hojas de 1.2 m a 1.8 m de largo y de 20 cm a 40 cm de ancho, su color varía de verde oscuro a verde glauco.

***Agave mapisaga*.** Se encuentra distribuido en los estados del Centro de México. Conocido comúnmente como maguey jilote, penca larga, manos largas o

mano de chango, es el de mayor producción de aguamiel, aunque de menor calidad que el de *A. salmiana*. Sus hojas son utilizadas como forraje y sus fibras en la elaboración de ayates y piezas de uso diario como hondas, morrales, cordeles, etc. En varios estados del centro llegan a ser plantas gigantes mayores de 2.5 m de altura, con hojas suculentas gruesas mayores de 2 m de largo, y con ancho de 12 cm a 20 cm, éstas tienden a curvarse hacia adentro en la parte final, y varían de verde glauco a verde oscuro.

Para la definición de métodos o procesos de tratamiento de pencas y extracción de fibras de agaves o plantas similares se hizo una revisión de bibliografía y consulta directa o entrevistas con artesanos de las ciudades de Guanajuato, San Miguel de Allende, Irapuato y Romita. En función de lo anterior, las actividades realizadas para el procesamiento de las pencas y extracción de las fibras fueron las siguientes:

1. Caracterización de las pencas de las seis especies de *agave* estudiadas, de acuerdo a su longitud, ancho, volumen, peso, color, textura y grado de enguiche, esto es, astringencia o comezón producida en la piel humana. Dicho proceso se realizó de manera manual, cortando secciones de 20 cm de las pencas, cuya área se obtuvo por triángulos, el volumen por desplazamiento de agua y el peso en gramos. (figura 1.)



Figura 1. Caracterización de las pencas de agave.

2. Se aplicaron tres métodos de ablandamiento de pencas: A) humedecimiento de las pencas por inmersión a cielo abierto por dos semanas, B) pre-digestión o fermentado de las pencas en bolsas negras de plástico con y sin promotor bacteriano, que en este caso fue aguamiel, y C) cocimiento de las pencas. (figuras 2 y 3). Además, se definieron diversas variables para su evaluación. Dichos métodos se describen a continuación:



Figura 2. Tratamiento para ablandar las fibras por pre-digestión o fermentado.



Figura 3. Tratamiento para ablandar las fibras por cocción durante 3 o 4 horas.

- A) **Humedecimiento de las pencas por inmersión en agua a cielo abierto.** Consistió en colocar las pencas con cortes longitudinales en una tina con agua, durante dos semanas, con el propósito de generar el ablandamiento de la penca y facilitar la separación de sus fibras.
- B) **Pre-digestión de las pencas en bolsas negras con y sin promotor bacteriano.** Este proceso consistió en fermentar las hojas de *agave* en bolsas de plástico negro de manera anaeróbica, para lo cual se seleccionó una muestra de cada especie, haciendo la separación para cuatro sub-tratamientos: 1) 1.5 l de agua + 0 l de aguamiel, 2) 1.0 l de agua + 0.5 l de aguamiel, 3) 0.5 l de agua y 1.0 l de aguamiel y 4) 0 l de agua y 1.5 l de aguamiel. El aguamiel propiamente se empleó como fuente de azúcares y promotor de la proliferación de microorganismos especializados en el desdoblamiento de materia orgánica.

C) **Cocimiento de las pencas.** Éste proceso se realizó seccionando longitudinalmente las pencas, y posteriormente remojándolas en agua por lo menos un día. Al siguiente día se puso a hervir el agua, luego se agregó una taza de sosa cáustica previamente diluida en agua, y se agregaron las pencas desmenuzadas, dejándose al fuego por tres horas y media.

3. Desfibración de las pencas: Dicha actividad se realizó de manera manual, rasgando o separando las fibras de las pencas, ya ablandadas, longitudinalmente para agruparlas o amasarlas, y midiéndose posteriormente diversas variables de las fibras de cada especie. Después de enjuagarse y agruparse las fibras provenientes de cualquiera de los métodos de extracción ya mencionados, se procedió a elaborar papel de las fibras de cada una de las especies de *agave* estudiadas, utilizándose las técnicas del papel de fibras maceradas y la del papel de fibras molidas.

4. Elaboración de “papel de fibra macerada”: de acuerdo a la técnica de macerado (Lockie, 2002), se preparó la base, posteriormente se colocó la fibra obtenida, enseguida se aplastó con un mazo de plástico, sin triturarlas o molerlas, lo cual permite que se conserve la longitud de las fibras de tal forma que se obtenga una placa uniforme, y finalmente se dejó secar. (figura 4.)



Figura 4. Papel de fibras de agave por la técnica de fibras maceradas.

5. Elaboración de “papel de fibra molida”: en esta técnica (Lockie, 2002), se tritura la fibra hasta obtener una pasta muy fina, utilizando por ejemplo: una licuadora, luego se coloca la pulpa obtenida en un recipiente con agua. Utilizando un bastidor con una malla se separa la fibra del agua y se pone a secar sobre una superficie preparada para formar la hoja de papel. (figura 5.)



Figura 5. Papel de fibras de agave por la técnica de fibras molidas.

6. Elaboración de artesanías con papel de fibra macerada y papel de fibra molida (Hollen, 1998 y comunicación personal de Antonio Prieto, 2009). Para ello, se prepara un molde de yeso de cualquier diseño para hacer una máscara, se coloca la hoja de papel con fibra machacada, después se pasa a una tela para poder moverla y se aplica sobre el molde, con los dedos se presiona para que la fibra entre a todos los espacios del molde. Una vez seca la máscara, se decora utilizando pintura acrílica. (figura 6.) Otra pieza artesanalmente elaborada fue un cuaderno especial a manera de muestrario, en el cual, las hojas de fibra maceradas son las cubiertas, con ellas se hace una cartera utilizando cartoncillos forrados con esas hojas. Las hojas de fibra triturada o molida son las hojas internas del cuaderno, éstas se acomodan y se cosen con técnicas de encuadernado.



Figura 6. Máscara artesanal de fibras de maguey maceradas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Por las características de esta investigación, para la cual no hay antecedentes recientes, ni artesanos que puedan orientar el rumbo de lo esperado, los resultados aquí presentados son producto de pruebas exploratorias pertinentes, que fundamentarán investigaciones más precisas sobre el tema, más allá de las tecnologías básicas. Según el caso, se utilizaron entre dos o cuatro repeticiones debido a la heterogeneidad de las observaciones. Asimismo, se definieron tamaños de muestras representativos y simultáneamente en varias de las variables se utilizó una escala arbitraria de 1 a 5, en donde 1 es el peor valor y 5 el mejor. En algunas variables cualitativas se consensó la asignación de valor con el criterio de hasta cuatro personas consultadas.

En la tabla 1, se resume la información obtenida de la caracterización de las pencas de cada una de las especies utilizadas. La segunda columna se refiere al número de secciones de 20 cm obtenidas de cada penca, lo cual de manera indirecta nos refleja la longitud de la penca de cada especie. De ese modo, la penca de *A. lechuguilla* tiene dos muestras de 20 cm, por lo tanto, su longitud total es de 40 cm, el *A. angustifolia* con 4 muestras tendrá entonces 80 cm, el *A. tequilana* 100 cm, el *A. americana* 80 cm, el *A. salmiana* 120 cm y el *A. mapisaga* 200 cm.

En general, en esta tabla se pueden ver las diferencias en peso, volumen, ancho, área y color de cada sección de 20 cm, así como el valor medio de las secciones que conforman la longitud de la penca de cada especie. Además, puede apreciarse que los valores más bajos son los de *A. lechuguilla*, lo que refleja una penca pequeña, delgada, angosta y de color verde oscuro, mientras que el *A. angustifolia*

y el *A. tequilana* con valores similares son pencas medianas, delgadas, casi el doble de anchas que el *A. lechuguilla* y con leve variación en el color verde claro o azul de ambas.

Las tres especies de hoja ancha; *A. americana*, *A. salmiana* y *A. mapisaga*, tienen marcadas diferencias tanto en el número de secciones de 20 cm (4, 6 y 10), como en el peso en gramos (273.4, 369.9, 753.4) y el volumen en milímetros cúbicos (176.0, 312.7 y 691.6), aunque en el ancho y en el área de las secciones individuales de 20 cm fueron muy similares. Esto quiere decir que sus diferencias son atribuibles al grosor de las pencas. En consecuencia, destacan los variados tamaños, pesos, volúmenes y áreas de las pencas de cada especie estudiada.

Particularmente, desde el punto de vista de aprovechamiento de sus fibras para papel, sobresale el hecho de que las especies de hoja ancha podrían ser las de mayor rendimiento y rentabilidad para la obtención de fibras. En especial destacan las especies *A. salmiana* y *A. mapisaga*.

Tabla 1.

Concentrado de peso, volumen y área de pencas de agave por especie estudiada.

Especie	Secciones de 20 cm	Longitud penca en cm	Peso penca en gr	Volumen penca en mm ³ de agua	Área penca en cm ²	Lugar en la producción de fibras
<i>A. lechuguilla</i>	2	40	47.6	14.0	5.6	6°
<i>A. angustifolia</i>	4	80	260.8	181.2	16.9	4°
<i>A. tequilana</i>	5	100	347.5	254.0	13.4	5°
<i>A. americana</i>	4	80	1093.6	705.6	31.0	3°
<i>A. salmiana</i>	6	120	2219.4	1876.2	32.8	2°
<i>A. mapisaga</i>	10	200	7534.0	6916.0	36.5	1°

En cuanto a la técnica por inmersión o humedecimiento, durante la primera semana de haber colocado las pencas en agua, se apreció una coloración café, las puntas de agave que permanecieron fuera del agua comenzaron a oxidarse y se secaron. También se percibió un ligero olor desagradable, y la parte de la penca que permaneció sumergida en el agua comenzó a ablandarse. En la segunda semana, las pencas de agave que siempre estuvieron bajo el agua fueron muy blandas, lo cual facilitó su desfibración.

Respecto a la técnica de fermentación, en la primera semana de haber colocado las muestras en bolsas de plástico se inició la evaluación. En general, no hubo diferencias apreciables entre especies de agave con respecto a las variables utilizadas, es decir, el comportamiento durante el proceso de pre-digestión o fermentación fue casi el mismo entre las seis especies de agave, y las posibles diferencias en color, ablandamiento, olor y oxidación, probablemente fueron debidas a la inmersión total o no inmersión de las secciones de penca en el líquido contenido en la bolsa. Así también, en esta investigación preliminar no se detectaron diferencias entre los subtratamientos del agregado de agua sola, agua más aguamiel

o sólo aguamiel como promotor del desarrollo de microorganismos. No obstante lo anterior, se recomienda hacer investigación en esta técnica que podría representar ahorro en energía y tiempo.

Por su parte, en la técnica por cocción los resultados cualitativos permitieron observar muy buena respuesta de las pencas en su ablandamiento para ser desfibradas y enjuagadas para su posterior utilización en la elaboración de papel.

Por lo anterior, las fibras obtenidas mediante los procesos por humedecimiento por inmersión al aire libre y por cocción, fueron utilizadas para la elaboración de papel aplicando la técnica de maceramiento antes mencionada, arrojando los resultados presentados en las tablas 2 y 3, en las cuales se destaca que del *A. lechuguilla* se obtuvo el papel menos deseable por su color más oscuro, poca flexibilidad, suavidad al tacto y densidad, así como poca absorción de tintas utilizadas en el dibujo de acuarela como tinta china. Las especies de *A. angustifolia*, *A. tequilana* y *A. americana*, tuvieron valores intermedios, mientras que *A. salmiana* y *A. mapisaga*, fueron las que tuvieron la presencia de color más claro, mayor flexibilidad, mayor suavidad al tacto, más compactación o mayor densidad, así como mejor absorción de las ya mencionadas tintas utilizadas en el dibujo artístico.

Tabla 2.

Evaluación del papel de fibra macerada, cuyas características son provenientes del proceso de humedecimiento por inmersión al aire libre.

Especie	Color	Flexibilidad	Suavidad al tacto	Densidad	Absorción de tintas
<i>A. lechuguilla</i>	5	2	3	1	1
<i>A. angustifolia</i>	3	2	5	1	1
<i>A. tequilana</i>	2	3	3	2	3
<i>A. americana</i>	2	4	4	3	4
<i>A. salmiana</i>	3	4	1	4	4
<i>A. mapisaga</i>	1	4	2	5	5

Escala arbitraria: 1= muy poco, 2= poco, 3= regular, 4= mucho, 5= excesivo.

Tabla 3.

Evaluación de papel de fibra macerada, cuyas características son provenientes del proceso de cocimiento.

Especie	Color	Flexibilidad	Suavidad al tacto	Densidad	Absorción de tintas
<i>A. lechuguilla</i>	4	2	1	1	1
<i>A. angustifolia</i>	3	3	2	2	2
<i>A. tequilana</i>	3	3	3	3	3
<i>A. americana</i>	3	4	2	3	2
<i>A. salmiana</i>	2	4	2	4	5
<i>A. mapisaga</i>	2	4	3	4	4

Escala arbitraria: 1= muy poco, 2= poco, 3= regular, 4= mucho, 5= excesivo.

CONCLUSIONES

Con las limitaciones propias de una investigación exploratoria, se concluye que, de los procesos utilizados para la separación de fibra, el que ofreció mejor resultado fue el de cocción de fibra. Dicha fibra obtenida de esa manera presentó mayor facilidad de separación y flexibilidad. De las especies de agave experimentadas, las que aportaron fibras con características más favorables para la elaboración de papel son: *A. salmiana* y *A. mapisaga*. El papel obtenido con estas fibras mantiene cualidades aceptables para la escritura y gráficos o dibujos, ya que se trata de un papel delgado, flexible, resistente y de color amarillo pálido, la cual es una coloración natural.

Por otra parte, las fibras de estas mismas especies de *agave* indican propiedades aceptables de flexibilidad cuando están húmedas, lo cual permite un mayor acoplamiento a un molde, y finalmente, en el secado mantienen la forma general del molde, aunque no registran detalles minuciosos de éste, con lo cual posibilita su uso artesanal para la elaboración de máscaras, marionetas, o figuras en general.

Los agaves de hojas delgadas presentan fibras más gruesas y consistentes, en especial el *A. lechuguilla*, cuyas fibras son muy resistentes. En menor grado de resistencia se encuentra el *A. angustifolia* y luego el *A. tequilana*. No fue posible obtener un papel adecuado con estas últimas fibras, pues resultaron ser demasiado duras para procesarlas, no obstante, es posible que puedan procesarse si se amplía el tiempo de cocción, o para la elaboración de un papel más grueso, ya sea cartón o cartulina.

REFERENCIAS

- Escoto-García, T., Vivanco-Castellano E. M., Lomeli-García M. G. y Arias-García A. (2006) Tratamiento fermentativo-Químico-mecánico del bagazo del maguey (*Agave tequilana* Weber) para su aplicación en papel hecho a mano. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* Vol. 5, Supl. 1 (2006) 23-27.
- Hollen, (1998). *Introducción a los Textiles*, Limusa, Noriega editores, 5:46-47
- Lenz Hans, (1994). *El papel precortesiano*, citado por Novelo Victoria compiladora, en *Artesanos, Artesanías y Arte Popular de México*, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, México, 1994.
- Lockie Allaraine, (2002). *Papel Elaborado de Forma Artesanal*, Parramón ed., pp. 6-31
- Peniche R. y Santamaría B, F. (1993). *Memorias de la Conferencia Nacional sobre el Henequén y la Zona Henequenera de Yucatán*. Editores Piedad. pp.112 - 115
- Prieto Rodríguez, Antonio, (2009). *Memorias del 15° Verano de Investigación*. Universidad de Guanajuato.
- Santiago, A. D. Rodríguez G, N., y Mogollón G., (2000). Evaluación del potencial papelerero de la fibra de sisal (*Agave sisalana*), en *Memorias del Congreso Iberoamericano en Celulosa y papel 2000*. CIADICYP. 10 P.