

---

## ENSAYOS SOBRE EL IZOTE (*Yucca elephantipes* REGEL) COMO MATERIA PRIMA PARA LA OBTENCION DE CELULOSA

---

J. ERDOS B. y J. J. ALVARADO P.

Expresamos nuestro agradecimiento al Sr. Ing. Alex Kasser por la dirección valiosa y constante supervisión del trabajo durante su desarrollo; asimismo al Sr. Prof. Maximino Martínez por la clasificación botánica del izote utilizado.

La mayor parte de la celulosa que se produce en el mundo se obtiene de la madera de diversas especies de árboles, en su mayoría coníferas, por alguno de los tres procedimientos más usados: al sulfito, al sulfato y a la sosa, y sólo en algunos países europeos tiene importancia la obtención de celulosa a partir de otro tipo de vegetales y con otros métodos. Entre los materiales no leñosos empleados están el esparto, las pajas de trigo, avena y centeno, el yute, etc. que se tratan con los procesos Pomilio, del sulfito neutro y del ácido nítrico, aunque este último también se usa para maderas.

Las características de las fibras celulósicas de las plantas no leñosas son, naturalmente, diferentes de las de la madera y como son generalmente más largas, se prestan para hacer papel más fino, como el de esparto, o para hacer papeles resistentes o planchas aislantes y papel corrugado, empleando la paja, el bagazo de caña y los tallos de maíz.

El objeto del presente trabajo es contribuir al estudio del problema que representa la creciente demanda de celulosa y la disminución y riqueza de los bosques por las continuas y agotadoras talas. Esto hará necesario recurrir más y más a plantas no leñosas de rápida producción. Debiendo recaer la atención en las fibras más tenaces, en las de mayor abundancia natural y en el costo del proceso químico que se requiera.

Se escogió el "izote" (genero *Yucca*), por la calidad textil de sus fibras, por la facilidad con que se reproducen, por los pocos cuidados que requiere su cultivo, por su abundancia en todo clima, porque no se ha industrializado y por lo barato y accesible que lo hacen estas características.

Se escogió la especie *elephantipes* (Regel) más bien por accidente. Originalmente se intentó trabajar con la especie distinguida, la *aloifolia*, Var. *yucatanana*, cuya fibra puede competir con la del henequén, pero las dificultades que presentó su recolección en la península de Yucatán nos obligaron a recurrir a otra región, Veracruz, y a otra especie, la *elephantipes*.

El género *Yucca*, en su especie *treculeana*, ha sido estudiado como materia prima para la obtención de celulosa en los Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial, tratándolo con sosa al 3% a 4 atmósferas durante 14 horas. Encuentran 10% de celulosa en las hojas en su estado natural de humedad y 20% en los estípites. En un estudio posterior, hecho el mismo año de 1952, encuentran 48-9 % sobre peso seco, en una muestra que se tomó pretendiendo aproximar la distribución en la planta integral. Reportan una composición de 50% de alfa-celulosa y 30% de beta-celulosa.

### DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

#### IZOTES

Con este nombre se conocen ciertas plantas que presentan en su mayoría aspecto de palmas, se encuentran en toda la República, pero con mayor abundancia en terreno árido.

A continuación transcribimos la descripción botánica hecha por el Prof. Maximino Martínez: Plantas útiles de

México, 228-33 (1928).

"Los izotes presentan a veces un tallo simple cilíndrico con un penacho de hojas en su extremo; en algunas especies el tallo es ramificado; llevando las hojas acumuladas siempre en la extremidad de las ramas.

Las hojas son por lo común rígidas, puntiagudas, alargadas, en forma de daga, con las nervaduras longitudinales poco visibles.

Las flores se producen en grandes panículos hasta de metro y medio de largo. Aquellas son blancas o blanco verdosas, provistas de una sola envoltura de seis piezas; llevan seis estambres cortos y un ovario súpero, coronado por un estilo corto. El fruto en una cápsula carnosas y en algunas especies comestibles. Hay unas 18 especies bien definidas, entre las que las más importantes son:

*Yucca aloifolia* (Var. *yucatanana*).—Produce excelente fibra.

*Yucca australis* (Engelm) Trelease, Mo. Bot. Gard. 3-162-1892.—Se encuentra principalmente en Coahuila, Tamaulipas, Querétaro, Hidalgo y Valle de México. La fibra de sus hojas se usa para hacer cuerdas y sacos.

*Yucca elephantipes* (Regel).—Se encuentra en Veracruz y Morelos. Produce buena fibra y sus flores son comestibles.

*Yucca treculeana*.—Se encuentra en Coahuila, Durango y Tamaulipas. Da fibras de buena calidad.

En general los troncos de las yucas se utilizan para hacer empalizadas y chozas. Las raíces conocidas con el nombre de amole son muy usadas para el lavado como jabón. En tiempos de sequía tienen cierta importancia como forraje". Clasificación de la *Yucca* usada para este trabajo, hecha por el Profesor Maximino Martínez:

#### *Yucca elephantipes* (Regel)

En nuestros ensayos usamos el método propuesto por Kasser y Rossignoli<sup>1</sup> para la paja, bagazo y materiales no leñosos en general, en el que se usa sulfito de sodio y sosa en relación de 83% y 17% respectivamente. La composición de la lejía varía según el vegetal que va a tratarse, así para la paja de trigo usan 12% del sulfito de sodio y 1.01% de sosa y para el bagazo de caña de azúcar de México (Tamazula) 13.2% de sulfito y 1.12% de sosa, sobre peso seco. El método recomienda 170° C durante 4 horas, con un volumen de licor de 1.8 es a 1.

#### ANÁLISIS

Análisis propuesto por Raitt<sup>2</sup> para bambúes y plantas no leñosas.

Los componentes de la planta se consideran divididos en cuatro grupos, conteniendo cada uno de ellos una sustancia básica (representativa), que posee una relación distinta y especial de la solubilidad y temperatura. Estos cuatro grupos forman aproximadamente el 94 a 97% y el resto son gomas, sílice, etc., que se extraen simultáneamente.

Grupo I.—Almidones y sus productos de degradación, azúcares, taninos y gomas solubles en agua, sales y materias colorantes.

Grupo II.—Pectinas, con pequeñas cantidades de grasas, ceras, gomas, resinas y sales insolubles en agua. "Todos los cuerpos ácidos y los solubles en sosa al 1% a 100° C".

Grupo III.—Ligninas, cuerpos ácidos solubles en sosa al 4% a temperaturas superiores a 130° C, pero que en el análisis se separan por cloración (Cross y Bevan) que las solubiliza en sulfito de sodio al 2%.

Grupo IV.—Celulosas, residuo insoluble de lo anterior.

Para evitar el efecto acumulativo al secar se usaron muestras diferentes

## HUMEDAD

Grupo I.—Se cubre y agota con agua por ebullición. Se filtra, lava y seca. La pérdida de peso menos la humedad, nos da el grupo I.

Grupo II.—Se cubre con sosa al 1% y se agota hirviendo, reponiendo a medida que se evapore el agua. Se filtra, lava y seca. La pérdida de peso menos la humedad, menos el grupo I, nos da el grupo II.

Grupo IV.—A la muestra fresca se le elimina los grupos I y II, hirviendo con sosa al 1%, se lava y prensa para secar. Se trata con agua de cloro, se agrega la solución de sulfito de sodio hirviendo 10 minutos y agregando a los 5 minutos de ebullición, sosa al 1%.

El tratamiento alternado de cloro y sulfito de sodio se hace hasta que la muestra pase de café rojiza a color crema. Se filtra, lava y seca. El material seco es el grupo IV.

La diferencia entre todos los resultados y 100 es el grupo III.

Se hizo el análisis propuesto por Raitt a nuestro material, con los siguientes resultados:

Grupo I .....	28.3%
Grupo II .....	30.7%
Grupo III .....	1.9%
Grupo IV .....	39.1%

Se hizo el análisis químico, con los siguientes resultados:

Humedad .....	10.1%
Cenizas .....	10.4%
Proteínas (Nx 6.25) .....	2.9%
Ext. Etéreo .....	6.5%
Fibra cruda .....	42.4%

Se hizo el análisis del producto obtenido con los siguientes resultados:

Humedad .....	6.2%
Cenizas .....	3.6%
Alfa celulosa .....	88.0%
Beta celulosa .....	5.0%

*Recolección y preparación de la materia prima para el proceso:*—Se separan las hojas de la planta cortándolas por la parte de su inserción y se ponen a secar al sol (con este tratamiento pierden casi toda su humedad, ya que baja de 77 - 83% a 7 - 10%). Una vez secas, se cortan en pedazos de 2 - 3 cms. de largo y se desempolvan. Así preparadas se someten a la cocción o hervida (a la que también llamaremos lejiado o digestión) que es el proceso mediante el cual se sujeta la materia prima a la acción de los reactivos bajo una presión generalmente de varias atmósferas. Es la parte básica de los procesos de obtención de celulosa.

Las variables posibles son: Temperatura de digestión, tiempo, relación reactivo / materia prima y la concentración inicial de la lejía.

Desde el punto de vista de la economía, la cocción debe hacerse a la máxima temperatura y concentración de reactivo posibles (menor tiempo de digestión) y con la menor relación reactivo/materia prima posible, quedando supeditado todo ello a la calidad y rendimiento del producto obtenido según las diferentes condiciones.

En este caso, la temperatura de digestión se mantuvo constante en 171° C (8 atmósferas) y el volumen del líquido usado fue de 1800 ml. por kilo de material, variándose tan sólo el tiempo y la concentración de reactivos.

Para ello se mantiene fija la cantidad de un reactivo y se varía la del otro, haciendo las pruebas por duplicado en tres y cuatro horas. El tiempo se empezó a contar desde el momento en que se alcanzaba la temperatura buscada; el periodo de elevación de temperatura varió entre 1.5 y 2 horas.

Se tomó como norma de eficiencia el rendimiento y apariencia del producto blanqueado con una cantidad

constante de hipoclorito y considerando como peso de la celulosa la pérdida por calcinación del producto seco, para evitar que por un posible defectuoso lavado quedaran sales en el producto, que al alterar el peso, falsearan el resultado.

Se pensó en tomar como norma de eficiencia el rendimiento del producto totalmente blanqueado, pero por un lado en las pruebas que se hicieron no se pudo determinar a ciencia cierta en qué punto el blanqueado era definitivo y por otro, las muestras que necesitaron un segundo lavado y blanqueo para que dar con una blancura cercana al promedio, perdieron considerablemente no sólo en peso, sino en resistencia mecánica.

Se hicieron las primeras pruebas con porciones de 100 gr. de material y con 180 ml. de solución. El resultado fue siempre una mesa café que resistió toda acción blanqueadora. Juzgamos que se había quemado parcialmente y que los reactivos no habían penetrado suficientemente por falta de agua. Los resultados obtenidos en pruebas hechas para dilucidar este punto, mostraron que con cantidades de 100 gr. o menos, la proporción de agua debe ser 10:1 (10 litros por kilo de materia prima seca).

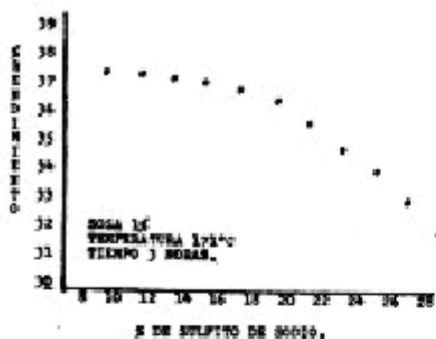


TABLA 1. EXPERIENCIA 1.

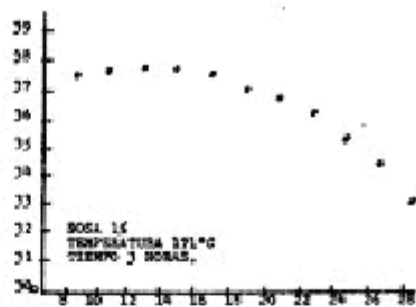


TABLA 2. EXPERIENCIA 2.

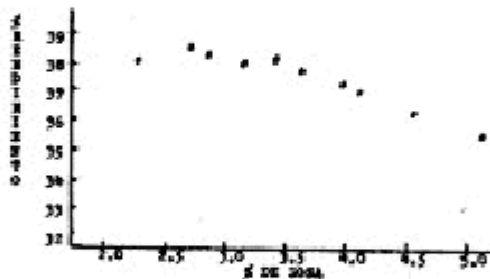
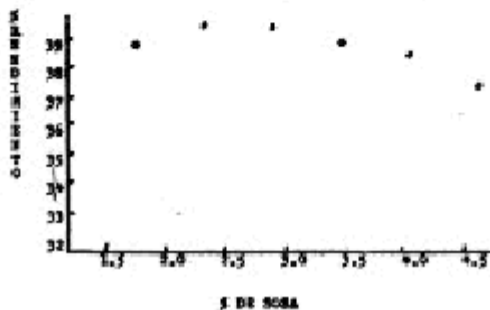


TABLA 3. EXPERIENCIAS 3 y 4



Se hicieron las pruebas con sulfito de sodio y sosa y para tratar de averiguar la relación óptima de reactivo/materia prima, se hizo el lejiado, como ya se dijo, manteniendo constante la concentración de un reactivo y variando la del otro.

Otra variable que se tomó en cuenta fue el tiempo; las pruebas se hicieron por duplicado a tres y cuatro horas; siempre a la misma temperatura (171° C), para lograr la cual se utilizó un autoclave, en el que se metían varios vasos conteniendo de 10 a 20 gramos de material y las diferentes cantidades de ambos reactivos.

Para determinar las cantidades con las que se iniciaría la digestión de nuestro material, se tomaron en cuenta las condiciones que aconseja Kasser<sup>3</sup> para la paja y el bagazo, esto es, el sulfito de sodio debería variar en concentración de mucho menos a mucho más de 12%, y la sosa debería oscilar alrededor del 1%.

Siempre se trabajó con material que tenía varios meses de almacenado y cuya humedad promedio resultó estar alrededor del 8%.

#### Experiencia N° 1.

Se mantuvo la sosa en 1%. Temperatura: 171° C durante tres horas.

La concentración del sulfito se varió entre ocho y veintiocho por ciento.

Se reporta el promedio de dos determinaciones.

Valores calculados sobre peso seco.

Tabla 1.

<i>Sulfito %</i>	<i>Rendimiento %</i>
8	37.3
10	37.4
12	37.3
14	37.2
16	36.9
18	36.6
20	36.0
22	35.3
24	34.6
26	33.7
28	32.8

#### Experiencia No. 2.

Se mantuvo la sosa en 1%. Temperatura: 171 ° C durante cuatro horas.

La concentración del sulfito se varió entre 8 y 28%.

Se reporta el promedio de dos determinaciones.

Valores calculados sobre peso seco.

Tabla 2.

<i>Sulfito %</i>	<i>Rendimiento %</i>
8	37.6

10	37.7
12	37.8
14	37.8
16	37.7
18	37.2
20	37.0
22	36.6
24	35.9
26	35.0
28	34.1

En todos los casos el producto con 12% de sulfito dio mayor rendimiento con mejor apariencia. Aunque aparentemente el exceso de este reactivo logra un mayor ataque en las fibras, como se ve por el rendimiento, el blanqueo no es notablemente superior al obtenido con 12%. Por ello se escogió este porcentaje, el mínimo posible, como constante para las siguientes pruebas.

Experiencia No. 3.

Se mantuvo el sulfito en 12%. Temperatura: 171° C durante 4 horas.

La concentración de la sosa se varió entre 2.0 y 4.0%.

Valores calculados sobre peso seco.

Tabla 3.

<i>Sosa %</i>	<i>Rendimiento %</i>
2.0	38.1
2.4	38.4
2.8	38.1
3.2	37.8
3.6	37.1
4.0	36.7

Experiencia No. 4.

Igual que la anterior. Se varía la sosa entre 2.5 y 5%.

Tabla 3.

<i>Sosa %</i>	<i>Rendimiento %</i>
2.5	38.3
3.0	38.2
3.5	37.4
4.0	36.8
4.5	36.0
5.0	35.2

Se reportan por separado las dos pruebas por las diferentes características de los valores de la sosa.

Experiencia No. 5.

Se mantuvo el sulfito en 12%. Se varía la sosa entre 1.5 y 4.5%.

Esta prueba se hizo para ratificar los valores encontrados en las dos anteriores.

Tabla 4.

<i>Sosa %</i>	<i>Rendimiento %</i>
1.5	38.2
2.0	38.7
2.5	38.6
3.0	38.1
3.5	37.8
4.0	36.8
4.5	36.3

Finalmente, se hizo una prueba a seis atmósferas durante seis horas con la cantidad óptima de reactivos. El ataque sufrido por el material fue inferior al de ocho atmósferas y cuatro horas, indicando la necesidad de aumentar el tiempo más aún para lograr el resultado apetecido.

Se hizo una prueba con sosa sola a ocho atmósferas durante cuatro horas. Dio un producto de calidad inferior a la del sulfito, con un rendimiento de 29.4%.

#### *Lavado*

Al salir del hervidor los pedazos de hoja conservan su forma y es necesario batir fuertemente para deshacer los haces de fibras. La fibra ya resuelta contiene todavía sustancias que le dan un color amarillo verdoso sucio, el que en el mejor de los casos desaparece por la acción combinada del lavado y el blanqueo.

El lavado, una vez batida la fibra, se hace en dos pasos: primero con chorro de agua sobre un tamiz, con lo que separan los finos, esto es, las partículas no disueltas totalmente que quedan en suspensión, y que por la acción del agua se desmenuzan totalmente y atraviesan el tamiz, mientras que las fibras quedan sujetas; después se hace el lavado por derrame en un tanque de tamaño adecuado con corriente de agua. El conjunto de fibras permanece en el fondo agitándose con la fuerza del agua, mientras que los finos restantes y los pedazo; de cutícula son arrastrados y se derraman fuera del tanque.

Claro es que a medida que se repite el número de lavados disminuirá el rendimiento, porque también atraviesan el tamiz y son arrastradas al derrame un número variable de fibrillas que se producen en el batido.

#### *Defibrado*

Una vez lavado el material, las fibras ya limpias pero todavía con un ligero color amarillo verdoso, se someten al paso siguiente, que es el defibrado (pulping). Consiste esto en romper totalmente las fibras grandes, aparentes, visibles y dejar las fibras constituyentes libres, con lo que se obtiene una suspensión con apariencia de algodón. Con el defibrado se obtiene una mayor superficie de ataque para el blanqueo, se homogeniza el producto y finalmente se logra al secar una verdadera consistencia de fieltro.

#### *Blanqueo*

Ninguno de los métodos comerciales para aislar celulosa produce un material perfectamente puro, ya que durante el proceso escapan a la destrucción pequeñas cantidades de materiales no celulósicos que constituyen las impurezas. Por lo tanto es necesario un tratamiento para blanquear y abrillantar el producto e incidentalmente para purificarlo por la remoción de materiales coloridos e incoloros. El grado de purificación está relacionado con la permanencia del producto blanqueado.

En nuestro caso se hizo el blanqueo en fase única con clorohipoclorito de calcio al 20% sobre peso seco, lo que nos da una concentración aproximada de 7% de cloro libre. Se prepara una suspensión al 4% (40 g. de material por litro de solución) y en caso de que el pH sea inferior a 10 se agrega la cantidad necesaria de sosa para alcanzarlo.

Si durante la mayor parte del período de blanqueo predomina un pH inferior a 7.8—8.0, pueden presentarse tres condiciones indeseables.

a) Una porción del cloro activo puede reaccionar por adición o sustitución dando lugar a un producto amarillento.

b) Una parte del ácido hipocloroso presente a este pH puede perderse por descomposición o volatilización, en cuyo caso el cloro residual puede no ser suficiente para lograr el efecto deseado.

c) El ácido hipocloroso puede reaccionar tan rápidamente que la celulosa sea atacada y las fibras pierdan fuerza.

El aumento en la temperatura aumenta también la velocidad del proceso. Esta se duplica por cada 7.5°C de elevación. Por supuesto aumenta también el ataque a la celulosa. Las bajas temperaturas retardan la velocidad de difusión de los atacantes químicos y de los productos solubles de la reacción. En general la temperatura puede elevarse a medida que disminuye la consistencia de la pulpa. Las condiciones más favorecidas recomiendan 35°C y una consistencia de 5-6%.

## RESUMEN

Se estudió la *Yucca elephantipes* Regel como materia prima para la obtención de celulosa usando el método del sulfito neutro alcalino de Kasser-Rossignoli. Las mejores condiciones fueron: 171°C durante 4 horas con 12.0% de sulfito de sodio y 2.5% de sosa sobre peso seco.

Se obtuvo un rendimiento de poco más de 38% sobre peso seco.

La materia prima fresca tiene una humedad de 79.2-83.3%. Si consideramos una humedad de 80.0% y un rendimiento de 40% sobre peso seco, tendremos un rendimiento de 8%, sobre materia prima original, esto es, que una planta de ocho toneladas diarias necesitaría una provisión de 100 toneladas diarias de hojas frescas. Dado el enorme volumen de la materia prima sería muy costosa la recolección. Y por otro lado no convendría cortar la planta completa porque aparte de que el tronco exigiría un tratamiento distinto, tiene más valor como productor de hojas que como materia prima en sí.

Sin embargo no hay que perder de vista la posibilidad de un *aprovechamiento integral* de la planta. De las raíces se extraen saponinas, aprovechando el licor de desecho del tratamiento de las hojas, la celulosa obtenida no sería el único producto. Entonces sería posible hacer del Izote, una planta industrializable totalmente.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.—KASSER, A. & P. ROSSIGNOLI. "Pulp production from annual plants by the neutral sulfite process" *Papeterie* 70, 279-85 (1948). Citado en C. A. 43. 1184.
- 2.—RAITT. W. "The digestion of grasses & bamboo for papermaking" The Technical Press Ltd. London, 1931.1



3.—KASSER A. Comunicación personal.