

64



# TESIS

Que presenta el alumno  
**Armando Saldaña**  
para su exámen profesional de Químico.

BIBLIOTECA  
de la  
E. N. de C. Q.

## "CELULOSA A PARTIR DEL OLOTE DE MAIZ Y SU TRANSFORMACION EN GLUCOSA"

Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias Químicas.

MCMXXLIX

1949

330



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).

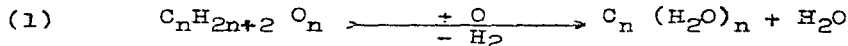
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición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

A MI MADRE, POR EL SACRIFICIO QUE  
PARA ELLA REPRESENTA MI CARRERA.-

---

## GENERALIDADES SOBRE CELULOSA.

La primera oxidación de los alcoholes polivalentes, - que tienen las funciones alcohólicas en carbonos vecinos, - se denominan indistintamente: Hidratos de Carbono, Sacáridos o Glúcidos.



Los sacáridos se dividen en: Monosacáridos y polisacáridos, estando formados estos últimos por la condensación de dos o más monosacáridos con eliminación de agua entre cada dos moléculas.

En general se desconoce el peso molecular de los polisacáridos debido a que los métodos usuales para determinar lo encuentra obstáculos muy serios debido a sus características físicas y químicas, son amorfos generalmente, insolubles en agua, sin punto de fusión ni posibilidades de destilación sin descomponerse.

Por hidrólisis se transforman en moléculas sencillas de monosacáridos, generalmente hexosas.

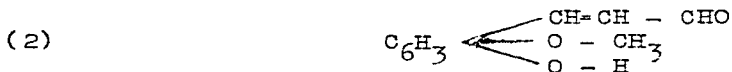
La composición elemental de los polisacáridos teóricamente es:  $(C_6H_{12}O_6)_n - (H_2O)_{n-1}$ , pero como se supone que el peso molecular, de ellos es muy elevado se desprecia en la práctica -1 quedando:  $(C_6H_{10}O_5)_n$

La Celulosa es un polisacárido de procedencia vegetal. Trostunarov en su libro "La Celulosa y el celoide" editado en 1907 asienta: "La sustancia denominada celulosa se encuentra profusamente distribuida en la naturaleza, -- por cuanto es la base estructural de todos los organismos vegetales. Todas las plantas, desde la bacteria unicelular a la gigantesca encina de los bosques están formadas de células, cuyas paredes o envolturas no son otra cosa -- que celulosa "Aunque un poco exagerada en lo que se refie-

re a organismos unicelulares la anterior declaración nos da idea de lo abundantemente repartida que la naturaleza produce celulosa.

Se comprende desde luego que la celulosa se hallará con otros compuestos con los cuales incluso se le haya confundido y se le siga confundiendo, citaremos entre otros la Lignina y la Quitina.

Los estudios de Klason sobre la Lignina en el año de 1920, nos dicen que la fórmula es (  $C_{40}H_{42}O_{11}$  )<sub>6</sub> en la cual existe 11.5% de metoxilo ( cuatro grupos  $-O-CH_3$ , por cada  $C_{40}$  ) y que su núcleo central es:



Para otros autores la fórmula no ha sido todavía precisada creyéndose que procede de la deshidratación de la celulosa, y algunos llegan a considerarla como un glucósido.

Las reacciones cualitativas que la diferencian de la celulosa son: Una solución alcohólica de floroglucina, acidulada con HCl produce coloración roja.

Con el sulfato de anilina da coloración amarilla y con el Clorhidrato de naftalina da también amarillo.

La Celulosa pura no produce ninguna coloración con estos reactivos.

Además la celulosa pura no produce por destilación pirogenada alcohol metílico, siendo producido éste en virtud de los grupos metoxilo de la lignina.

Por otra parte se ha demostrado con respecto a la Qui

tina que en vez de tener monosacáridos por base, tiene ami  
noazúcares principalmente aminoglucosa.

J. Koenig separó cuatro componentes a partir de la -  
celulosa impura o parte leñosa de las plantas:

1.- Hemicelulosas, que tienen una magnitud molecular-  
inferior a la celulosa a lo que deben, según J. Koenig, --  
ser más fácilmente desdoblables por hidrólisis enzimática.

2.- Cutina y Suberina que son solubles en los álcalis  
pero insolubles en el óxido de cobre amoniacal.

3.- Lignina, oxidable con oxidantes débiles.

4.- CELULOSA verdadera, insoluble en ácidos y álcalis  
diluidos soluble en óxido de cobre amoniacal, no oxidable-  
con agua oxigenada.

Por lo anteriormente expuesto es fácil suponer que es  
preciso cuando se hace el estudio de la celulosa que se --  
tenga una CELULOSA TIPO, teniendo en cuenta que la inmensa  
mayoría de los autores están de acuerdo en que la celulosa  
tipo tiene una fórmula igual cualquiera que sea su origen.  
La fuente de donde con mayor facilidad podemos obtener ---  
la celulosa tipo es: el algodón, previo tratamiento según-  
método operatorio dado por la "Comisión de la Celulosa de-  
la Sociedad Química Americana" que veremos al tratar méto-  
dos analíticos.

La Celulosa aparece amorfa y debido a su hidrofilia,-  
semipermeabilidad, poder absorbente y la posibilidad de --  
conducir a soluciones coloidales había fijado el criterio-  
de considerarla una sustancia al estado coloidal. H. Am--  
bron ha confirmado la hipótesis de Von Naegli sobre la es-  
tructura anisótropa de la celulosa, debido a las experien-  
cias en el campo del microscopio polarizante que revela --  
una birefringencia de la celulosa. La técnica reciente --  
de investigación por medio de los rayos X que da la posibi-  
lidad por las imágenes de interferencia que presenta el --

diagrama de difracción, de diagnosticar una red cristalina ha permitido a P. Scherrer la continuación de los experimentos de H. Ambron, haciendo la demostración experimental de que la anisotropía de la celulosa de la Ceiba se debe a una estructura cristalina. Simultaneamente R.O.Herzog y W. Janke lo han demostrado en celulosa de diversos orígenes (madera, algodón, sedas artificiales) y además de la naturaleza cristalina de la celulosa han demostrado que la diferencia de contextura de los diversos vegetales celulósicos se traduce, no en diferente composición, sino únicamente por la orientación de los cristales que la componen. A pesar de haberse comprobado debidamente una constitución cristalina en la celulosa no ha quedado excluida la existencia de celulosa amorfa y la misma imagen de difracción de los rayos X nos deja la impresión de la existencia de celulosa amorfa entre los cristalitas a manera de morteroiden los investigadores.

La Celulosa responde a la composición elemental de:

44.45% C

49.38% O

6.17% H

El peso molecular como el de la mayoría de los polisacáridos se desconoce, debido a la ausencia de constantes físicas, que diferencia a la celulosa de las sustancias orgánicas cristalinas de peso molecular pequeño o medio, se cree que su peso molecular es elevado y en cambio hay autores que basándose en la estructura sub-microcristalina de la celulosa le atribuyen un peso molecular relativamente bajo. Skraup en 1905 para determinar el peso molecular de las poliosas utilizó la reacción de las biosas, las cuales con anhídrido acético y ácido clorhídrico gaseoso seco dan sin desdoblamiento productos cloro-acetil derivados obteniendo el peso molecular del contenido de éstos en cloro, así el peso molecular mínimo que encontró para la celulosa fue 5508, pero posteriores investigaciones de Hawort y Machener por otro método llegaron a un peso molecular comprendido entre 20,000 y 40,000, aunque todavía suponen otros autores que debe ser más elevado.

La Celulosa es aparentemente indiferente a los reactivos químicos comunes: bases, ácidos, oxidantes, pero sin embargo estudios recientes comprueban que la mayoría de los reactivos producen transformaciones más o menos marcadas:

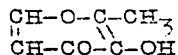
Los álcalis producen desde una hidrólisis incipiente, hasta la descomposición dando ácido acético y ácido oxálico.

Los ácidos tienen una acción más enérgica, acción que varía con la temperatura, concentración etc., originando compuestos muy diversos de oxidación, reducción y descomposición. La acción mercerizante de los ácidos es débil, como se comprueba por su bajo índice de Cobre. El ácido sulfúrico de densidad 1.53 produce la llamada celulosa coloidal, que al disolverse en agua da un líquido lechoso.

Los oxidantes débiles la afectan muy poco, pero cuando se trata de oxidantes enérgicos como ácido nítrico, ácido crómico, cloruro de cal, etc, forma la Oxixelulosa -  $C_{18}H_{26}O_{16}$ , producto que reduce el licor de Fehling, merced a los grupos carbonilos libres, cosa que la celulosa no provoca; Schwalbe considera la aptitud reductora de la celulosa (Índice de Cu) como la medida de su alteración.

E. Erdman y C. Schafer (1910) destilando en seco y a presión ordinaria celulosa pura obtuvieron: 5% de alquitrán, 42% de aguas ácidas y el resto fué: carbón no destilado y gases constituyendo 66% de CO, 19% de  $CH_4$  y 11% de  $H_2$ . De las aguas ácidas separaron acetona, aldehído fórmico, furfurol, oximetil-furfurol maltol  $C_6H_6O_3$  que según Peratonater y Tamburello tendrá la constitución

(3)

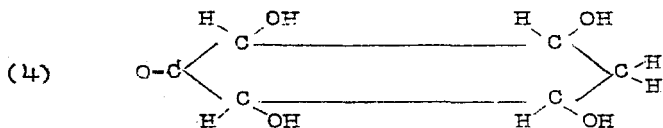


y gama valerolactona. (Hay que aclarar que la celulosa --

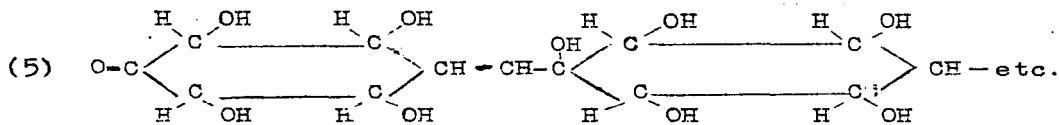


que entonces se consideraba como pura tenía también lignina y posiblemente otros cuerpos distintos a la celulosa pura.

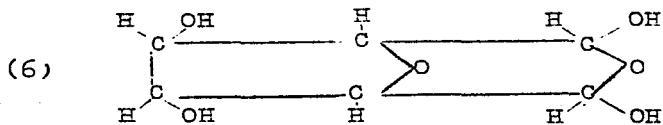
Haremos una breve reseña sobre las distintas opiniones al través de los tiempos sobre la constitución íntima de la Celulosa: Cross y Bevan propusieron para la celulosa la fórmula:



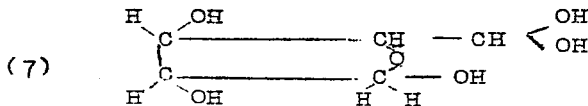
o bien una polimerización:



Green propuso en el año de 1884, basándose en la producción de triésteres la siguiente fórmula:

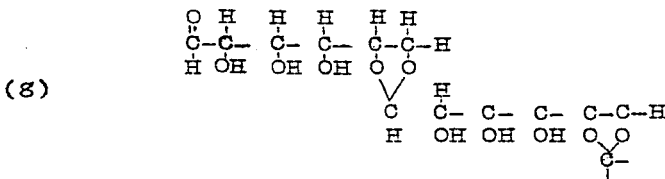


y para la oxixelulosa:



forma que según él, explicaba la descomposición de la celulosa formando el furfuro! y además la formación de la oxixelulosa por los oxidantes, formándose grupos quetónicos que reaccionan con la fenil-hidrazina y permiten la tintura directa con colores básicos (por ejem. azul de metileno) reduciendo además el Fehling.

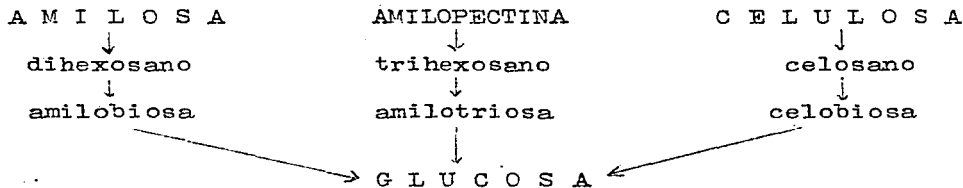
G. Tollens tomando en cuenta que la hidrólisis total de la celulosa conduce exclusivamente glucosa le atribuía una fórmula de restos de glucosa encadenados unos a otros de una manera acetálica, formando una larga cadena cuyos extremos se unen.



Otros autores admitían en cambio que tanto la celulosa como el almidón, hidratos de carbono que por última hidrólisis dan glucosa, no tienen ninguna de las fórmulas señaladas, sino que están formados por moléculas sencillas de anhidridos sacáricos de fórmula  $C_{12}H_{20}O_{10}$  y  $C_{18}H_{30}O_{15}$ , llamados dihexosanos y trihexosanos, encontrándose estas sustancias, que podemos llamar eslabones, polimeriza--

dos entre ellos por medio de valencias parciales y estos--  
polímeros asociados en agrupamientos coloidales que alcan--  
zan una agregación molecular a la que se le atribuye el pe--  
so comprendido entre 50 000 y 200 000.

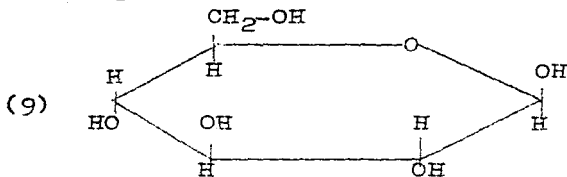
Los más recientes estudios que en seguida anotaremos  
parecen conceder en parte la razón al criterio anteriormen--  
te expuesto, aunque como veremos hacen aclaraciones en el  
sentido de no considerar valencias parciales, sino direc--  
tas, para la unión de los dihexosanos que forman el esla--  
bón de la cadena celulósica.



Fleching, Ost y Wilkening demostraron en 1910 y 1911,  
que la celulosa puede convertirse completamente en gluco--  
sa, si la celulosa se disuelve primero en ácido sulfúrico--  
concentrado, después se diluye hasta que tenga 1 a 2 % de  
ácido y por fin se calienta a 120 grados como máximo y no--  
a 125 grados como hacia Simonsen, quien con esta temperatu--  
ra destruía parte de la glucosa. Este y otros métodos que  
más tarde veremos nos demuestran que por hidrólisis la ce--  
lulosa se transforma cuantitativamente en alfa o beta glu--  
cosa.

Hawort y sus colaboradores han demostrado de una ma--  
nera definitiva que la  $\alpha$  o B-Glucosa corresponden a una --

d o B-Glucopiranososa:



Sabemos que los ácidos provocan en la celulosa la hidrólisis actuando como catalizadores, pero en determinadas condiciones es capaz de dar ésteres y éteres bien definidos, reaccionando con ciertos ácidos, sus anhídridos o sus cloruros, restos que lógicamente se fijan en las funciones alcohólicas.

Branconot en 1832 obtuvo por la acción del ácido nítrico-concentrado sobre madera y también sobre algodón, la Xiloidina, producto fácilmente inflamable estudiado más tarde por Pelouze y Dumas y posteriormente por Vieille, quienes lo reconocieron como ésteres nítricos de la celulosa.

Schützemberger en 1869 obtiene ésteres acéticos de la celulosa (acetato de celulosa) con anhídrido acético, más tarde logra acelerar esta acetilación adicionando ácido sulfúrico concentrado o cloruro de Zinc.

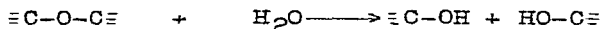
Tanto nitratos como acetatos, sólo pueden llegar a la introducción de tres grupos ácidos con relación a la unidad de glucosa:



quedando demostrada la naturaleza alcohólica de la celulosa, y por el hecho de admitir tres grupos ácidos como máximo en su molécula, por unidad de hexosa, alcohol trivalen-

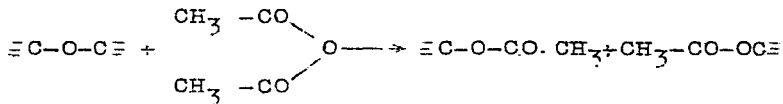
te.

La hidrólisis de la celulosa que rompe la cadena formando glucosa, parece demostrar la unión de dichos restos por medio de un oxígeno.



originándose funciones oxhidrilo.

También nos lo señala la reacción con el anhídrido acético:

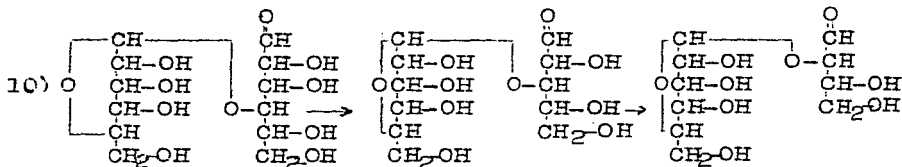


El compuesto formado por Franchimont haciendo reaccionar el anhídrido acético adicionado de gotas de ácido sulfúrico concentrado a la ebullición sobre papel filtro (acetato cristalizado), fué identificado por Sckraup y Köening quienes lo reconocieron como el octa-acetato de una biosa, la cual lograron obtener al estado cristalino llamándola primitivamente celosa y después celobiosa, la cual da al hidrolizarse la glucosa.

Por otra parte G. Bertrand y Benoist pudieron separar de los productos de acetilación pequeñas cantidades de una celotriosa,, la procelosa, que al hidrolizarse forma de igual manera glucosa unicamente.

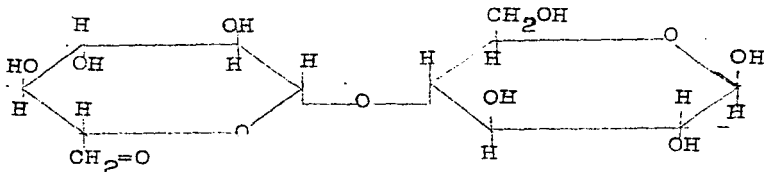
Según los trabajos de W.N.Hawort y sus colaboradores la constitución de la celobiosa ha sido definitivamente establecida, estando encadenados los restos por el carbón 1 reductor, de uno de los restos y por el carbón alcohólico-

4) del otro; esta forma está apoyada por G. Zemplen quien - degradando la celulosa previamente transformada en oxima, - de acuerdo con la técnica de Whol, obtiene un glucósido -- arabinosa que conduce a un glucósido eritrosa:



Glucosido - Glucosa    Glucosido-arabinosa    Glucósido-eritrosa  
 Celobiosa

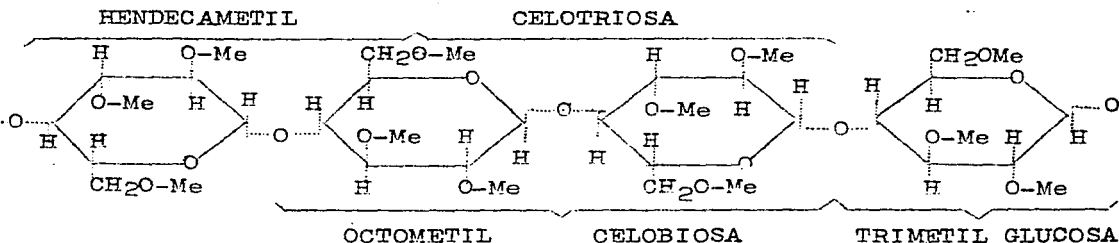
La celulosa es hidrolizada por la emulsina, fermento-enzimático específico para los B-Glucósidos y no siendo afectada por la levadura se le supone la configuración de un B-Glucósido:



Por lo dicho anteriormente y por las pruebas de W.N.-Hawort consistentes en la hidrólisis progresiva de la trimetilcelulosa a una temperatura de 15 grados, obteniendo - en los productos de reacción las poliosas metiladas cuya - estructura responde fielmente al principio de encadenamien- to repetido de restos de glucosa, según el tipo de celobio- sa. Estas poliosas metiladas sometidas a nuevas metilacio- nes han podido ser identificadas bajo la forma de sustan- cias bien cristalizadas, comprenden de una parte la octo-

metilcelobiososa y de otra, el producto de Frenenberg, la hendecametil-celotriosa, la cual se desdobla en celobiososa y glucosa metilada, como en estas consideraciones operatorias la reacción 2-3-6 trimetil glucosa en poliosa metilada no ha lugar, debemos concluir para la unidad estructural de la celulosa el encadenamiento de restos de glucosa de acuerdo con el tipo celobiososa:

(12)



Finalmente estableceremos el criterio acerca de si la celulosa forma un ciclo cerrado o es una cadena abierta: - Hawort y Machener han encontrado un camino sumamente elegante para demostrar una u otra cosa y han concluido después de sus experiencias que se trata de cadena abierta. - El procedimiento que siguieron fué hacer una metilación -- agotante en unos 200 gramos de celulosa y después hidrolizar, como hemos visto en la celobiososa, un grupo, el que corresponde a las mallas internas de la cadena de la trimetil-Glucopiranososa y el otro núcleo, el que correspondería a la malla final de la tetrametil-Glucopiranososa, por lo que de tratarse de una cadena abierta se hallarían los dos compuestos, pero logicamente debería hallarse una muy pequeña cantidad de tetrametil-Glucopiranososa que correspondría a las mallas finales y una gran cantidad de trimetil-Glucopiranososa, correspondiente a las mallas intermedias.

En efecto fueron aislados los dos compuestos, pero de

trimetil-Glucopiranososa se halló el 99% y de tetrametil-Glucopiranososa se halló el (99%) y de tetrametil-Glucopiranososa - 1%.

Establecieron según sus cálculos que la cadena debía estar formada por lo menos de 50 restos de celobiosa y lo más 100, por lo que el peso molecular se encuentra entre - 20 000 y 40 000.

Se sobre entiende que la última malla tiene un grupo-aldehídico reductor, pero dada la magnitud de la molécula, está acción reductora no es sensible.



## EL " OLOTE " DE MAIZ COMO MATERIA PRIMA CELULOSICA.

En México el maíz ha sido, desde tiempo inmemorial, - producto básico en la alimentación de sus habitantes, y el tiempo no ha provocado ni mejoras en los sistemas de cultivo ni el aprovechamiento industrial del mismo. La calidad de los terrenos de cultivo del maíz, que fué inmejorable, - ha venido decreciendo año con año, a causa de la ignorancia de los agricultores, quienes no aplican ni los abonos correspondientes, ni practican, en general, la rotación de cultivos. En estas condiciones es lógico suponer, que la producción ha llegado a ser insuficiente para las necesidades alimenticias provocando como consecuencia, la elevación de los precios haciendo cada vez más restrictivo, sobre todo para las clases menesterosas, su consumo. Pero, - precisamente por lo agudo del problema, se comprende que a muy corto plazo habrá de resolverse y la producción, que - actualmente está supeditada a un rendimiento por hectárea, tres veces menor que el obtenido en los Estados Unidos, se multiplicará por la aplicación de los métodos científicos, que son ya un hecho en el país vecino y su industrialización seguirá los mismos derroteros que en dicha nación.

Estados Unidos ocupa actualmente el primer lugar como productor de maíz en el mundo, siendo, el 80% de su producción, utilizando como base de alimentación de diversos animales y el 20% restante se emplea, industrializado, como alimento humano. Por ser 12 000 000 toneladas, como promedio, la cantidad de maíz que se industrializa, se ha llegado a un alto grado de perfeccionamiento en los métodos de aprovechamiento y han bastado pocos años para pasar de la simple obtención del almidón a la preparación de más de cien productos derivados.

Como productos primarios derivados del maíz tenemos: - Almidón, aceite y glúten; derivándose de ellos productos secundarios; Glucosa, jarabes, azúcar etc. del almidón; -- del aceite: ácidos grasos, jabones, sustitutos del hule; y del glúten muchos alimentos.

Pero no obstante el aprovechamiento integral del maíz, quedaba una parte de la mazorca que se desaprovechaba: el "olote" (parte de la mazorca de maíz donde se insertan los granos). El aprovechamiento del "olote" ha sido en -- los últimos años la preocupación de los industrializadores del maíz.

Son varios los productos que se han podido extraer -- del "olote" uno de ellos, el furfurool, empezó a prepararse en los Estados Unidos en una escala reducidísima, debido a las pocas aplicaciones que se le conocían, vendiéndose entonces en cantidades de unas cuantas libras y al precio de 30 dólares la libra. Pero el año de 1922 marca su iniciación como materia prima industrial de porvenir y los métodos de obtención empiezan a perfeccionarse rápidamente bajando su precio hasta fluctuar entre 10 y 20 centavos de -- dólar la libra y surtirse, en la actualidad, en carro tanque.

Su campo de acción principal son las resinas sintéticas del tipo de las insolubles e infusibles parecidas a la baquelita, usadas en instrumentos eléctricos, placa para impresión, etc. Mediante la condensación del furfurool con anilina o con acetona, en presencia de álcalis, se pueden obtener resinas sintéticas, del tipo de las solubles, -- que se usan para fabricación de barnices. Además, por su baja tensión de vapor y fuerte poder disolvente, se usa el furfurool como limpiador de barnices y de pinturas.

Pero el constituyente más valioso del "olote" de -- maíz, para la industria, tanto en el presente como en el -- porvenir, es sin duda alguna la celulosa.

La "Civilización del Papel" ha llamado Giovanni Papi-- ni a nuestra era actual y aunque ello no sea estrictamente cierto en el terreno puramente industrial si tenemos que -- concluir que: "El ritmo según el cual aumenta el patrimo-- nio forestal de las naciones, no está en paridad con el -- ritmo a que se desarrolla el consumo mundial de celulosa.-- Como asienta textualmente Guilio Consiglio en su artículo--

"La Celulosa de Paja" de la revista de La Química e L'Industria. Este concepto viene a confirmarse plenamente por las estadísticas editadas por la Liga de las Naciones, según las cuales, la producción mundial de la celulosa, que era a fines de 1925 de 7.000 000 toneladas anuales, se ha duplicado en menos de diez años y siguiendo el desarrollo de esta industria, que siempre ha sido vigorosa, notamos-- que en este último período se distingue una prodigiosa cur-- va ascendente provocando serias transformaciones tanto en los métodos industriales que fueron hasta el año de 1970 -- predominantemente a base de bisulfito y que han cedido su-- primacía a los métodos al sulfato, fenómeno provocado por la progresiva escasez de materias leñosas susceptibles de-- ser sometidas al bisulfito; como en las materias primas, -- pues el problema de la escasez de materiales leñosos ya es en algunos países agudo, por lo que se buscan con ansiedad materias primas que puedan utilizarse en la fabricación -- del papel o bien que proporcionen la celulosa necesaria pa-- ra la fabricación de seda artificial, nitrocelulosa, etc.-- con el fin de bastarse.

Es por lo dicho anteriormente, que en mi criterio, el aprovechamiento de la celulosa del "olote", es parte suma-- mente importante de la industrialización del maíz y que -- muy pronto este "olote", que hoy es desperdicio en México-- se convertirá en materia prima celulósica que haga más cos-- teable el cultivo del maíz. Tanto porvenir se presenta pa-- ra las materias primas celulósicas, por ser tan indispen-- sables en la actual civilización que el Dr. Hans Bauvert, -- Consejero del Gobierno Alemán ha dicho: "Cabe pensar que, con el objeto de obtener materia prima para industria pape-- lera, puede estimularse el cultivo de cereales, de modo -- que la cosecha de granos sea un producto secundario de la-- producción de paja".

## DETERMINACION DE CELULOSA EN EL "OLOTE" DE MAIZ.

Debido a la pasividad de la celulosa hacia los álca--  
lis, ácidos y oxidantes, su separación de los tejidos don--  
de se encuentra es sumamente fácil, ya que, los productos--  
no celulósicos asociados si son atacados haciéndolos solu--  
bles. Y en virtud de que cualquiera que sea el origen de--  
los productos celulósicos, sometidos a tratamientos adecua--  
dos, da los mismos productos de sustitución, de hidrólisis  
o de disgregación más completa, podemos concluir como ya --  
hemos dicho antes, que la celulosa corresponde a un cuerpo  
químico definido.

También nos hemos referido a la imposibilidad de uti--  
lizar los métodos usuales para la identificación de la ce--  
lulosa como cuerpo químicamente puro, pues es insoluble en  
agua y en los disolventes habituales; no puede ser destila--  
da; está desprovista de punto de fusión; no tiene poder ro--  
tatorio, por lo que sólo por medio del cuanteo de sus mate--  
rias extrañas podemos controlar la pureza de la celulosa.--  
Ciertos autores admiten que la refracción por medio de los  
rayos X después de las medidas de refracción, permiten re--  
conocer el grado de pureza de la celulosa.

En la práctica el poder rotatorio de preparaciones --  
apropiadas de algunos derivados de la celulosa, así como --  
su viscosidad, son efectivamente utilizados para buscar --  
las impurezas, pero, desde luego, la pureza de la celulosa  
en estos casos sólo es una noción convencional.

Los tratamientos importantes para la separación de la  
celulosa bien sean procedimientos industriales o analíti--  
cos deberá estar adaptada a su origen, es decir, tener en  
cuenta la clase de vegetal de que proviene, con este cri--  
terio se han establecido tres grupos diferentes:

- 1.- De las pelusas vegetales de pelos seminales:  
algodón huata, etc.
- 2.- De los productos filamentosos contenidos en la

zona liberiana.

3.- Del grupo de la celulosa lignificada de la madera de la paja, del esparto, del bambú, en donde clasificaremos al "olote", etc.

La celulosa de la pelusa vegetal, en particular del algodón, es la menos incrustada, pues una vez descontado de 6 a 8% de humedad, presenta un contenido de celulosa de más de 90%.

El algodón es la celulosa natural que con más facilidad puede desembarazarse íntegramente de sus materias asociadas por lo que se le toma como la celulosa por antonomasia. Las materias que acompañan a la celulosa del algodón son: materias grasas y ceras, sustancias pécticas u otras sustancias orgánicas nitrogenadas o no, materias colorantes y sales minerales. Para determinados usos dichas sustancias deben ser eliminadas por completo, para ello es necesario en la práctica dos operaciones: El decrudado y el blanqueamiento, seguidos de una acidificación.

El decrudado consiste en una acción alcalina que solubiliza las grasas y las ceras, por saponificación o emulsionamiento con los jabones formados durante la operación. El decrudado al eliminar las grasas y las ceras permeabiliza la fibra haciendo más fácil la extracción de las demás materias incrustantes, que con excepción de las materias colorantes se disuelven más o menos en la lejía alcalina o en las aguas de enjuague. Las materias colorantes que en este primer tratamiento no sufren más que un oscurecimiento característico no desaparecen más que por el blanqueamiento propiamente dicho.

El blanqueamiento consiste en tratar con hipocloritos (0.5% de Cloro activo) seguido de un lavado conveniente y de una acidificación por medio de ácido sulfúrico o clorhídrico diluidos, prefiriéndose el sulfúrico por su facilidad de eliminación. La acidificación seguida de un lavado se lleva prácticamente los últimos restos de hipocloritos.

clorito y de compuestos minerales.

2.- Separación de la celulosa de las fibras liberianas: En los productos vegetales del tipo de la ceiba, del cañamo, lino, tienen procedimientos más complejos debido al aglutinamiento de materias gomoresinosas, al lado de pectina, lignina, materias grasas y materias colorantes. El lino y demás productos de este grupo, deben ser sometidos varias veces alternativamente a tratamientos alcalinos y decolorantes, estos últimos tratamientos son del mismo tipo que los empleados para el algodón, el lavado con lejía disuelve la pectina, la acción del hipoclorito ataca las materias colorantes y la lignina, la cual también es soluble en los álcalis diluidos. Para obtener la celulosa pura en el laboratorio, Cross y Bevan preconizan tratar previamente el lino con solventes para materias grasas (alcohol-éter) después de hacerlo hervir en una solución de sosa cáustica al dos por ciento, durante una hora, de enjuagar, de decolorar por medio de una solución de hipoclorito de sodio, Cloro activo y por fin de pasar por ácido sulfúrico diluido y de volver a enjuagar. Los mismos autores recomiendan igualmente el empleo de agua de Bromo, en lugar del hipoclorito, con una hervida en carbonato de sodio. Este tratamiento debe ser repetido hasta que la fibra sea rigurosamente blanca.

3.- La obtención de la celulosa partiendo de membranas celulares del tercer grupo, donde la celulosa está esencialmente asociada a la lignina, en donde se llega a encontrar en un 25 a 30%, después 20% de exosanos y pentosanos y materias grasas y cerosas, resinas, materias colorantes y cantidad relativamente pequeña de sales minerales

Para aislar la celulosa industrialmente de estos productos, dos procedimientos son corrientemente practicados, sacando partido de la inercia relativa de la celulosa hacia los álcalis y hacia algunos agentes ácidos; después de algunos años se fundan esperanzas, sobre todo en Italia, sobre un tercer método operatorio que recurre al principio de disgregación por el Cloro gaseoso, que había sido pre-

conizado por Cross y Bevan y que ha sido mejorado Catildi-Pomilio: Después de un tratamiento con sosa diluida, se trata por Cloro que provoca una oxidación y una cloruración, dando productos facilmente solubles en los álcalis; pero aunque está técnica permitiría ampliar el mercado del cloro, todavía es discutida por la calidad del producto, así como su precio de costo.

El procedimiento más general para materiales como el lino, en donde hemos incluido al "olote", desde el punto de vista industrial, consiste en un tratamiento bajo presión con sosa diluida, 6 a 8%, siguiendo el método descrito en primer lugar para la paja por CF. Mellier en su trabajo de 1854 y para la madera por Ch. Watt y H. Burgess en su trabajo americano del mismo año. Actualmente se utiliza una cantidad de sosa correspondiente más o menos a cuatro veces el peso del vegetal que se trabaja. En el caso de la madera se exige el descortezado, el desnudado y la división en muy pequeñas partículas, con el fin de facilitar la labor del licor disgregante, en otro caso "olote" debe también ser subdividido. Se calienta en general a 160-180 grados bajo presión de 7 a 10 atmósferas durante más o menos seis horas. La sosa disgrega los productos no celulósicos que por filtración son separados de ésta, haciendo finalmente un minucioso lavado.

La celulosa lavada es sometida en pilas, para la decoloración, a la acción de hipoclorito de 0.5% de cloro activo, ligeramente alcalina.

Después del cocimiento, la sosa de la lejía se recupera por evaporación y las sustancias orgánicas se destruyen por calefacción. La parte de carbonato de sodio formado se trata por cal, para recuperar la sosa. El producto calcificado sirve para la formación de una nueva lejía en la que se compensan las pérdidas de álcali, adicionándole sulfato de sodio, éste, por la calcinación ulterior se reduce a sulfuro de sodio, a expensas de las sustancias orgánicas. Esta lejía compuesta de hidróxido y sulfuro de sodio, al lado del carbonato de sodio y del sulfato de sodio, traba-

ja mejor la celulosa que la sosa sola. El tratamiento a-- la sosa ha venido a ser sustituido por el procedimiento al sulfato de sodio. Aún con este procedimiento no llega a - obtenerse sino celulosa bruta.

El procedimiento ácido es el que ofrece más ventajas, sin embargo de lo cual, no se aplica más que a la madera, -- sobre todo a las que son pobres en resinas. Las más fre-- cuentemente utilizadas son: el pino, el álamo y el abeto.-- El ácido usado para estas operaciones es el ácido sulfuro-- so que se emplea en forma de bisulfito de calcio o a veces en forma de bisulfito de magnesio, pero raramente en sal - de sodio. La madera, después de haber sido descortezada y dividida, es sometida en autoclave a la acción de una solu-- ción conteniendo, por ejemplo, 1.3% de ácido sulfuroso com binado y 2.1% de ácido sulfuroso libre; estas proporciones varían según la naturaleza de la madera y las propiedades-- que se desean en la celulosa obtenida. El procedimiento - imaginado en 1866 por B. Ch. Tilghman, fué introducido en - 1874 en Alemania por Mitscherlich y en la misma época en - Suecia por Ekman; se efectúa siguiendo dos variantes, la una debida a Mitscherlich en la que se calienta con vapor-- indirecto de 110-125 grados, bajo 3 o 4 atmósferas, duran-- te 38 a 40 horas y el otro, preconizado por Ritterkellner-- y que consiste en calentar por valor directo de 125 a 140-- grados, bajo 4 a 6 atmósferas durante 15 a 20 horas. la - disgregación se controla por medio de constantes determi-- nadas de ácido sulfuroso. En el momento en que se advier-- te que el ácido permanece constante, la totalidad de la -- lignina se ha hecho soluble combinándose al ácido sulfuro-- so; después se filtra y lava el producto abundantemente.

Las otras materias extrañas que aún quedan con la ce-- lulosa, se eliminan sometiendo el producto de reacción, en pilas, a la acción de solución de hipoclorito a 0.5% de -- cloro activo, presentando de preferencia, como ya dijimos, una reacción alcalina, produciéndose una decoloración, la-- vando después con sosa diluida, eliminando así los últimos vestigios de compuestos no celulósicos. La celulosa obte-- nida por este procedimiento puede ser utilizada, tanto en



la fabricación de papel, como en la preparación de seda -- artificial y derivados celulósicos.

a) Métodos analíticos para la separación y dosificación de la celulosa bruta.

De acuerdo con las distintas procedencias de la celulosa, hay en la actualidad una gran variedad de procedimientos para separarla y purificarla, aunque no llega a obtener celulosa pura, como la obtenida en el procedimiento que más tarde citaremos, procedimientos analíticos que Renker y Schwalbe han dividido en dos: Los basados en una acción puramente hidrolítica y procedimientos basados en una acción oxidante.

#### METODO DE WEENDER

Entre los procedimientos hidrolíticos, y aunque es -- apreciado en el medio agronómico, sus resultados son problemáticos, según otros autores. Este fué uno de los métodos seguidos durante mi experimentación y sus resultados fueron bastante concordantes con los obtenidos por medios oxidantes. Se trata en principio de someter el vegetal a una acción hidrolítica ejercida por soluciones de potasa (1.25%) y de sulfúrico (1.25%) a la ebullición y alternativamente.

#### METODO DE HUGO MULLER

Pertenece a los métodos a base de acción oxidante, -- consiste en hacer actuar agua de Bromo al 4 por mil, desembarazado previamente el vegetal de sus materias grasas y resinosas, por lavaje de una mezcla de agua y alcohol y -- por ebullición de amoniaco diluido; inmediatamente después se lava con agua abundante y se agregan 10cc. del agua de Bromo por dos gramos de vegetal, diluyendo a 100cc. con -- agua. Una vez que el Bromo ha desaparecido, se repite el

tratamiento al amoniaco diluido, se vuelve a lavar y nuevamente se macera con agua de bromo, repitiendo alternativamente las operaciones hasta que el Bromo persista por 24 horas, tratando entonces por agua hirviendo, filtrando y secando. Este método aunque muy laborioso es de resultados muy facilmente reproductibles y da una celulosa muy blanca, siendo escogido por mí dentro de los métodos de oxidación para mis experiencias.

#### METODO DE F. SCHULTZE HENEBERG

Se hace macerar el producto celulósico durante poco más o menos 15 días a 15 grados, en un líquido que contiene doce partes de acido nítrico (d-1.10 o sea 17%) por cada parte de materia vegetal y la dieciochoava parte de clorato de potasio. La maceración es seguida de un enjuague y de un tratamiento con amoniaco diluido a 60 grados durante tres cuartos de hora. Los diferentes tratamientos son repetidos hasta decoloración completa, se lava finalmente con agua hirviendo, se orea y se seca. El reactivo que actúa en este método, es sin duda, el bioxido de cloro que nace de la acción del  $\text{HNO}_3$  sobre el  $\text{KClO}_4$ .

#### METODO DE CROSS Y BEVAN

Este método ha sido perfeccionado por Renker, consiste en someter la materia vegetal (2 gramos) en suspensión en 100 cc. de agua con adiciones sucesivas de agua de Cloro saturada (5 a 10 cc) hasta que la absorción del cloro sea tan lenta que no sea perceptible en 24 horas. El producto celulósico filtrado y lavado es tratado durante una hora al baño María, con una solución de sulfito de sodio al dos por ciento. La presencia de lignina se hace presente en este momento por la aparición de una intensa coloración roja. Se lava enseguida con agua hirviendo y se repite el tratamiento hasta que el sulfito al calentarse no se

colore.

## METODO DE KURSCHNER Y A. HOFNNER

Mencionaremos por fin el método de análisis preconiza do por estos autores, que consiste en tratar la materia ve getal, hirviéndola al reflujo, con una mezcla compuesta de un volúmen de ácido nítrico concentrado (63%) y cuatro vo lúmenes de alcohol. Las materias grasas, ceras y resinas- son disueltas en el alcohol las hemicelulosas son hidroliz- zadas, la lignina se transforma en un producto nitrofenóli- co; productos que también se disuelven en el alcohol, a la vez que éste preserva a la celulosa del nítrico.

### B) Método para la obtención de celulosa pura.

Para la obtención de la celulosa lo más pura que sea- posible, seguiremos el método operatorio dado por la Comi- sión de la Celulosa, de la Sociedad Química Americana:

"Se utiliza el algodón bruto americano, o el producto más puro que se logre obtener, después de otros métodos pa- ra aislar la celulosa de otros derivados vegetales. 100 - gramos de este algodón o muestra especial de otra proceden- cia, son hervidos durante cuatro horas en una solución de - jabón de resina, preparado por 3000 c.c. de agua destila- da, treinta gramos de sosa y 15 gramos de colofonia. El - tratamiento se efectúa en un recipiente de vidrio, dispo- niendo el algodón en una pequeña canasta metálica hecha de hilos de níquel y unida a una pequeña cadena igualmente de Níquel, atravesando la parte central del vidrio de reloj - que recubre el recipiente esta cadena permite dar a la pe- queña canasta un movimiento vertical de vaivén hacia den- tro de la solución en ebullición, impidiendo al algodón, -- de una parte estar en contacto con la atmósfera y por otra sufrir el calentamiento proveniente de las paredes del re- cipiente de vidrio.

La solución alcalina, que se enegrese fuertemente, -- es reemplazada, al tiempo de la ebullición por agua destilada caliente, hasta que las aguas de lavaje que resultan no den más que una reacción debilmente alcalina. Inmediatamente el algodón es tratado de nuevo, en las mismas condiciones, hirviendo durante 15 minutos con una solución hecha de 3000cc. de agua y 5 gramos de sosa y reemplazandola nuevamente por agua destilada. La eliminación de los últimos trazos de jabón de resina se asegura practicando una tercera ebullición, durante 10 minutos, en una solución compuesta por 3 gramos de sosa cáustica en 3000cc de agua destilada, seguido del reemplazamiento por agua destilada-caliente.

Con el objeto de impedir que el algodón hervido y caliente, no se altere enseguida por un enfriamiento demasiado lento, se le trata dentro de su canasta, con una abundante cantidad de agua destilada fría, de donde una vez que ha adquirido la temperatura de 18 a 20 grados, se le hace escurrir y pasar al tratamiento de blanqueo. Se le sumerge en 3000cc de una solución fresca de hipoclorito de sodio conteniendo 0.1% de Cl activo y se le expone durante una hora a la temperatura de 20 grados a la luz. El algodón es enseguida puesto sobre un filtro buchner y bañado durante treinta minutos con agua destilada, a la que se le adiciona hasta el fin gota a gota, una solución saturada de bisulfito de sodio, hasta la desaparición completa de la reacción con papel de yoduro de Zinc-Almidón. Después de este enjuague, el algodón sufre todavía un lavaje con ácido acético diluido, que, ayudado de un nuevo enjuague con agua destilada, lo desembaraza de los últimos trazos de compuestos minerales. El algodón por último se exprime a mano, envolviéndolo previamente en una tela rodeada de papel filtro y después secado al aire.

Véase parte experimental, en donde están consignadas las determinaciones hechas en el "olote" de maíz.

## DIVERSOS METODOS HIDROLITICOS PARA LA TRANSFORMACION DE -- LA CELULOSA EN GLUCOSA.

La celulosa se transforma practicamente, en forma -  
cuantitativa, en glucosa por medio de la hidrolisis provo-  
cada por los ácidos, los cuales actúan sin duda de una ma-  
nera catalítica. La transformación de la celulosa en glu-  
cosa puede igualmente ser realizada, con rendimientos per-  
fectos de 95% por la fermentación enzimática producida con  
la ayuda del jugo hepatopancreático de los caracoles de --  
las viñas.

Son tres los ácidos cuya acción hidrolítica ha sido -  
mejor estudiada desde el punto de vista de laboratorio y -  
aún industrial.

### ACIDO SULFUROSO

Clasen demostró en 1900 que los materiales celulósi--  
cos se desdoblan con producción de glucosa tratados a pre-  
sión y a temperaturas fluctuantes entre 120 y 145° con áci-  
do sulfuroso, obteniendo resultados a partir de madera con  
una humedad de 25 a 30%, de 17 a 20 kilos de glucosa por -  
cada 100 de madera tratada.

Este procedimiento fué mejorado por M. F. Ewen, quien  
logró rebajar la digestión de varias horas a 40-50 minutos  
y otras mejoras que hicieron más económico el procedimien-  
to, a pesar de lo cual tuvo que ser abandonado por no ser-  
costeable.

### ACIDO SULFURICO

El estudio de la hidrólisis de la celulosa por el áci

do sulfúrico se remonta a las experiencias de P. Braconnot y no ha cesado de presentar un interés práctico, por la esperanza que suscita el poder realizar partiendo de la madera u otros productos celulósicos, la fabricación ventajosa de glucosa y por consiguiente del alcohol de fermentación.

Braconnot sometió celulosas de diferente origen: cáñamo, lino, raspaduras de madera de carpe, etc. a la acción del ácido sulfúrico de 91% en frío; después habiendo diluido hasta 1 o 2% calentaba la ebullición durante algún - - tiempo y aislaba el azúcar precipitando el sulfúrico con carbonato de calcio, filtrando y concentrando hasta consistencia siruposa, obteniéndose por reposo un producto cristalizado que todavía purificaba por disolución en alcohol ordinario y tratamientos por carbón animal.

Flechsig perfeccionó esta técnica de hidrólisis. Primeramente estableció las condiciones de concentración del ácido sulfúrico para lograr una completa solubilización de la celulosa sin producir carbonización, dejando para ello establecidas como las mejores, tratar durante largo tiempo la celulosa con seis o siete partes de ácido sulfúrico de 72%, luego hacer la dilución hasta 2.5% y hervir el líquido durante cinco o diez horas a la presión ambiente o bien cuatro o cinco horas bajo presiones de dos a tres atmósferas. Esta manera de operar lo condujo a rendimientos de - 98%.

H. Ost y Wilkening, confirmando los resultados de - - Flechsig, han dosificado el azúcar obtenido no solamente - por medio del licor de Fehling, sino además por su poder rotatorio. Más recientemente Monier Williams mejora el método de preparación del azúcar, agotándola en alcohol metílico y cristalizándolo de la misma manera. Este autor llegó a obtener un rendimiento de 90.7 de glucosa cristalizada pura.

Desde el punto de vista industrial el ácido sulfúrico para la hidrólisis de la celulosa, ha sido puesto en práctica en diversas ocasiones, el procedimiento Simousen basa

do en la sacarificación con ácidos diluídos a elevada temperatura, fué puesto en práctica por Dupont en Georgetown durante la guerra mundial, pero al finalizar la misma, tuvo que abandonarse por no ser económico.

#### ACIDO CLORHIDRICO

El ácido clorhídrico como agente hidrolítico de la celulosa, fué ensayado en primer lugar por Flechsig, quien no obtuvo buenos resultados atribuyéndolo en primer lugar a la concentración del ácido con el cual trabajaba, pues el poder disolvente del ácido clorhídrico en las condiciones normales de saturación disolvía muchísimo menos celulosa que el ácido sulfúrico.

R. Willstater y L. Zechmeister, reconocieron en efecto la necesidad de recurrir a un ácido particularmente concentrado, aprovechando las experiencias de Béchamps y Dangevilliers, encontraron que una solución de 38.2% de ácido clorhídrico, no disuelve la celulosa, sino que la gelatiniza; el de 39.9% disuelve 7%; el de 40.8% disuelve de 12 a 13%; el de 41.1% disuelve el 15%. La solución después de un largo reposo se diluye y hierve llegando a obtenerse rendimientos de 95 a 96%. Filtrando este licor azucarado es posible hacer un nuevo agotamiento sobre materia celulósica fresca, y aún es posible un tercer tratamiento. Al crecer la concentración del azúcar disminuye la concentración del ácido clorhídrico por ser fuertemente absorbido por la lignina, por lo que se hace necesario la nueva saturación de la solución con ácido clorhídrico.

En este procedimiento que se atribuye a su fundador -- Dangevillier, se basa el procedimiento Proder, desarrollado por J. Terriere, habiéndose gastado hasta 1932 más de cinco millones de francos suizos sin que los resultados -- prácticos hayan sido satisfactorios.

Los progresos de la reacción hidrolítica por el procedimiento del ácido clorhídrico, pueden ser seguidos por el polarímetro. En el caso del ácido sulfúrico dicho control no es posible por producirse estéres.



D A T O S      E X P E R I M E N T A L E S

PROCEDIMIENTO WEENDER.

Muestra: "Chalco"

HUMEDAD .

Peso del pesa filtro vacio:	16.5254	gramos
" " " " y muestra:	22.5424	
Total muestra	<u>6.0170</u>	"

La muestra fué secada en estufa a 110 grados durante hora y media.

Peso del filtro con carga húmeda:	22.5424	gramos
" " " " " desecada:	22.0182	
Humedad perdida	<u>0.5242</u>	"

HUMEDAD POR CIENTO: 8.07

TRATAMIENTO .

Peso del pesa filtro con muestra desecada:	21.7674	
" " " " vacio .....	<u>16.5254</u>	gramos
Total de muestra sometida.	5.2420	"

					<u>Empieza</u>	<u>Acaba</u>
Primer tratamiento a la ebullición con sosa al 1.25%:	10h25m	10h55m				
" " " " " H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1.25%: 12h10m	12h40m				
Segundo " " " " sosa	1.25%: 16h5m	16h35m				
" " " " " H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1.25%: 17h40m	18h10m				
Tercer " " " " sosa	1.25%: 9h50m	10h20m				
" " " " " H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1.25%: 11h15m	11h45m				

La celulosa obtenida que presentaba ya una notable blancura, fué desecada durante hora y media a 110 grados en la estufa:

Peso del pesa filtro vacio.....	16.5254	gramos
" " " " con celulosa desecada..	<u>18.6610</u>	
Celulosa.....	2.1356	"

Total de celulosa bruta a partir de muestra desecada: 40,8 %

Los resultados obtenidos en las otras tres muestras, siguiendo el mismo procedimiento que el detallado arriba se encuentran en la tabla 1

PROCEDIMIENTO HUGO MULLER.

Muestra: "San Mateo"

Peso de la muestra previamente desecada 2 gramos.

Primer tratamiento:

Alcohol de 96 grados: 50c.c. Agua 50 c.c.

Maceración: un día

Filtración y tratamiento con amoniaco diluido, hasta la --  
ebullición, durante media hora. Lavado con abundante agua  
para eliminar el amoniaco.

Segundo tratamiento:

Solución preparada de agua de Bromo, poniendo 0.4 gramos -  
de

Bromo (densidad 3.12) en 100 c.c. de agua.

Poner la muestra dentro de la solución anterior. Al día--  
siguiente se había decolorado totalmente la solución y el-  
olor de Bromo había casi desaparecido. Lavado y filtración

Al repetir por tercera vez los anteriores tratamientos al-  
ternativamente, la solución de agua de Bromo no se deco-  
loró, persistiendo también un fuerte olor a Bromo. Lavado y  
filtración. Nuevo tratamiento final con amoniaco diluido.-  
Lavado final con abundante agua y desecación a la estufa -  
durante hora y media a 110 grados.

Peso inicial del pesa filtro con muestra desecada:

					18.1296	gramos
"	final	"	"	"	"	"
					<u>17.2464</u>	"
	Total de celulosa bruta.....:				0.8832	"
Por ciento de celulosa bruta:					<u>44.16%</u>	

Los resultados obtenidos en las otras tres muestras, siguiendo el mismo procedimiento que el detallado arriba se encuentran en la tabla 1.

C E L U L O S A   P U R A .

La celulosa pura fué obtenida según el método dado por la comisión de la Celulosa de la Sociedad Química Americana, reuniendo las celulosas obtenidas por el método Weender y Hugo Muller.



Resultados obtenidos en la parte experimental siguen do los procesos hidrolíticos mencionados con anterioridad.

Las experiencias sobre hidrólisis fueron hechas a par tir de la mezcla de la celulosa pura obtenida en mis tra-- bajos anteriores, y previa desecación.

Procedimiento al Acido sulfúrico.

a) Procedimiento Branconnot.

Al poner en práctica el procedimiento Braconnot usado el ácido sulfúrico de 91%, tuve serias dificultades debido a la carbonización que se producía, traduciéndose en resul tados sumamente bajos. Recurrí a una mezcla frigorífica - intentando evitar la carbonización, pero a pesar de ello - no logré mejorar en mucho los resultados.

5 gramos de celulosa mezclada con ácido sulfúrico de 91%.  
Tiempo de contacto 72 horas.  
Dilución al 2% de sulfúrico.  
Ebullición durante cuatro horas. Presión ambiente.  
Cantidad de glucosa obtenida dosificando por el procedimien to gravimétrico de Fehling: 1.56 grms.  
Resultado por ciento: 31.2.  
Promedio de cinco análisis: 30.2%

b) Modificación del procedimiento anterior

5 gramos de celulosa mezclada con sulfúrico de 91%.  
Tiempo de contacto 36 horas.  
Dilución al 1.8% de sulfúrico.  
Ebullición 4 horas. Presión dos atmósferas.  
Cantidad de glucosa obtenida dosificando por el procedimien to gravimétrico de Fehling: 1.78 grms.  
Resultado por ciento: 35.6.  
Promedio de cinco análisis: 36%.

c) Procedimiento de Flechsing.

5 gramos de celulosa mezclada con sulfúrico de 72%.  
Tiempo de contacto, 14 días.  
Dilución a 2.5% de sulfúrico.  
Ebullición: 4 horas de la presión ambiente.  
Dosificación de glucosa procedimiento gravimétrico de Fehling, 3.42 grms.

Por ciento: 68.4.

Promedio de tres análisis: 69.6%.

d) Modificación al procedimiento anterior

5 gramos de celulosa mezclada con sulfúrico de 72%.  
Contacto, 14 días  
Dilución: 2.5%  
Ebullición: 4 horas, presión dos atmósferas.  
Dosificación procedimiento gravimétrico Fehling: 3.85 grms.

Por ciento: 77.1

Promedio de cinco análisis: 76.8%

e) Segunda modificación al procedimiento Flesching.

Concentración del ácido sulfúrico 72%, muestra 5 grms. de celulosa.  
Tiempo de contacto, 14 días.  
Ebullición: 6 horas a tres atmósferas.  
Dosificación de glucosa procedimiento gravimétrico de -- Fehling, 4.36 grms.

Por ciento: 87.2.

Promedio de tres análisis: 87.4%.

f) Procedimiento al ácido clorhídrico

Los resultados obtenidos por este procedimiento deben



interpretarse de acuerdo con las posibilidades de transformación de la celulosa en glucosa, tomando en consideración la cantidad de celulosa disuelta en el ácido clorhídrico - usado.

Concentración del ácido clorhídrico 40.6 a 41.1 y 5 - grms. de celulosa.

Tiempo de contacto: 9 días.

Dilución hasta 1.5%.

Ebullición durante 6 horas a la presión ambiente.

Dosificación procedimiento Fehling, 1.08.

Por ciento: 21.6.

Promedio de cinco análisis: 20.8%.

De acuerdo con lo establecido en la "Revue Générale des Plastiques" en su número de octubre de 1935, por lo que se refiere a alfa celulosa, que a la letra dice: "La tabla de solubilidad depende de la concentración en álcali de las soluciones utilizadas. Se usa generalmente las soluciones de sosa a 17.5%; la parte insoluble en dichos licores, constituye la celulosa alfa; las partes solubles son designadas bajo el nombre de celulosa beta y gama, según que sean o no reprecipitables por los álcalis. Estas medidas se hacen en frío", se hizo la siguiente tabla:

T A B L A 2.

M U E S T R A S	CELULOSA BRUTA OBTENIDA PROCE DIMIENTO		CELULOSA BRUTA OBTENIDA PROCE DIMIENTO MULLER		CELULOSA PURA
	---	---	---	---	
CHALCO.	88.4%		88.05%		89.1%
HUAJUAPAN DE LEON	87.5%		87.3%		88.5%
SAN CRISTOBAL	88.4%		87.6%		89.6%
SAN MATEO	88.2%		75.6%		88.6%

C O N C L U S I O N E S

1.- Por lo que respecta a la situación que guardan actualmente los estudios acerca de la composición química de la celulosa, creo que aunque quizá próximamente, investigadores apoyados en los estudios de Hawort y demás, lleguen a demostrar una composición diversa a la que Hawort propone, por el momento ésta presenta suficientes datos para ser tomados como la más viable de todas las hipótesis emitidas al respecto.

2.- En vista de la situación tan importante que la celulosa halogrado durante los últimos años y no estando, como asentamos anteriormente, el ritmo según el cual aumenta el patrimonio forestal de las naciones, con el ritmo en que se desarrolla el consumo mundial de celulosa, los industriales del mundo entero intensifican sus estudios para encontrar las materias primas que deben preferirse, con el fin de planear debidamente su producción y hacer desaparecer el fantasma de la escasez que ya se cierne sobre algunos países.

3.- México es uno de los países en los cuales la industria de la celulosa es de vital importancia, pues en la actualidad dependemos en muy alto porcentaje del extranjero. Además el problema de la producción de celulosa dentro del país se encuentra con el grave problema de la desforestación de nuestros montes, debido a la más absurda y primitiva forma de aprovechar la madera, como carbón de madera. Sin aprovechar los productos de su destilación! Por tanto es de la más urgente resolución que se establezcan los productos que dentro de nuestra economía nacional puedan surtirse.

4.- Es el "olote" una de las materias primas que de acuerdo con los análisis presentados, está llamada a colocarse en los primeros lugares. Los usos a los que en la actualidad se le destina son completamente improductivos, el agricultor se vería altamente satisfecho de poder aumentar sus entradas y beneficiar por tanto su situación, con el valor que llegara a tener el "olote" como materia prima de una industria tan importante como la de la celulosa y -

podría ahorrarse el desgranado, que tanto trabajo manual--  
invierte, vendiendo la mazorca por entero y siendo en gran  
des centros industriales donde por medio de la maquinaria--  
adecuada se hiciera esta operación.

Los industriales interesados no deben ver tan solo en  
el "olote" su alta proporción de celulosa utilizable, sino  
también la obtención de otros productos, que como el fur--  
furol, pueden ser extraídos por procedimientos que en nada  
perjudican a la celulosa y que aumentan en cambio, el valor  
de la materia prima.

5.- Por lo que se refiere a la hidrólisis de la celu--  
losa para la fabricación de glucosa, haremos notar que des--  
de el punto de vista industrial y no obstante el mucho em--  
peño puesto por los investigadores, todavía no se llega a--  
resultados prácticos muy favorables. Con ácido clorhídri--  
co se han hecho laboriosos ensayos para hacerla efectiva,--  
pero hasta el presente no parecen haber progresado casi na--  
da en la práctica, sin embargo algunas informaciones ha--  
cen suponer que no esta lejano el día en el que el éxito --  
corone los esfuerzos. Conviene a este respecto mencionar--  
el procedimiento de Fradenhagen y Kadenbach que preconizan  
la hidrólisis industrial de la celulosa, principalmente de  
la madera, por el ácido fluorhídrico de alta concentra--  
ción, después de la proposición de E. Urbain de utilizar --  
para esta hidrólisis el ácido fosfórico, del que la recu--  
peración ofrecería la ventaja de conducir a fosfatos pre--  
ciosos.

---

---

B I B L I O G R A F I A .

CHEMIE ORGANIC . . . . . GRIGNARD.  
QUIMICA ORGANICA . . . . . CALVET.  
QUIMICA GENERAL APLICADA A LA INDUSTRIA . . . HECTOR MOLINARI  
ALLEN 'S COMMERCIAL ORGANIC ANALYSIS . . . . . FIFTH EDITION  
CHEMICAL ABSTRACTS . . . . . AMERICAN CHEMICAL SOCIETY.  
ENCICLOPEDIA QUIMICA INDUSTRIAL . . . . . ULLMAN.  
THE TEXTIL FIBERS . . . . . J. MERRIT MATHEWS Ph. D.  
TOUT L'INDUSTRIE DES MATIERES PLASTIQUES . . . . . J. DELORME.

