

CAPÍTULO 1

1 - FIBRA DE ALGODÓN

1.1 - GENERALIDADES

Su nombre es de procedencia árabe, **al qutn**, debido a que, con toda probabilidad, el algodón fue originario de Oriente próximo y del Valle del Nilo. El algodón es una planta perteneciente al género *gossypium*, de la que existe una gran multitud de especies o variedades que se vienen dando a medida que su cultivo se ha extendido por todo el planeta. Tiene el tallo verde, de altura entre 0,8 y 1,5 metros, según variedades y regiones; al tiempo de florecer, el tallo cambia su color del verde hacia el rojo; las hojas acorazonadas, de cinco lóbulos; las flores blancas o rojas, con manchas; su fruto es una cápsula conteniendo de 15 a 20 semillas envueltas en una borra muy larga y blanca (gráfico 1), que se desenrolla y sale al abrirse la cápsula.



Borras de Algodón

1. Gráfico

Excepto en algunas variedades para jardinería, en todas partes la planta de algodón es cultivada con objeto de aprovechar las

fibras que envuelven la semilla. El género *Gossypium* se da en todas las latitudes subtropicales. Las características de esta fibra dependen del clima del país donde se cultiva y de la especie aldonero del que precede. Las impurezas en el algodón pueden variar desde un 4 % a 12% del peso total de la fibra. Los niveles de contaminación variaran inevitablemente de país a país, incluso pueden variar de región a región dentro de un país dado.

El contenido de minerales en el algodón crudo depende de muchos factores, entre los principales que deben ser considerados son:

- La producción de la cosecha
- La geología del área del cultivo
- La constitución de la tierra
- Las condiciones de tiempo durante el periodo de maduración
- Las técnicas del cultivo
- Pesticidas y fertilizantes
- Procedimiento de preparación del algodón crudo

Los fertilizantes y pesticidas que son aplicados durante el ciclo de crecimiento o directamente en el suelo, se hace a través de sistemas de irrigación aéreo o rociado directamente sobre las hojas del algodón, contribuyendo durante su periodo de crecimiento a la contaminación de metales. La contaminación de metales puede venir de impurezas de sales inorgánicas, o en el agua dura que disuelve y rocía los fertilizantes. La mayoría de los fertilizantes se aplica antes

de que la cápsula se abra, y se cree que la contaminación de metales pesados se concentra en la corteza y el tallo.

COMPONENTE	TOTAL DE FIBRA (%)
Celulosa	88.0 - 96.0
Agua	6.0 - 8.0
Sales Minerales	0.7 - 1.6
Proteínas	1.1 - 1.9
Pectinas	0.7 - 1.2
Ceras	0.4 - 1.0
Pigmentos - motas	0.5 - 1.0

Composición química de la fibra de algodón

I. Tabla

La mayoría de las impurezas están en la pared primaria formando una especie de barrera hidrofóbica, la cual si no se remueve efectivamente, será responsable de una pobre absorbencia y otras propiedades indeseables.

Las sales minerales están compuestas de sales solubles en agua, cloruros, carbonatos, fosfatos de sodio y potasio, y sales insolubles de calcio y magnesio. Las primeras se disuelven en agua y las segundas requieren la aplicación de agentes secuestrantes para atacar el problema de contenido de minerales en el algodón crudo en los procesos de tratamiento previo.

En algunas procedencias de algodón se encuentran partículas de oxido de hierro provenientes de las máquinas recolectoras y

desmotadoras. Estos compuestos son muy perjudiciales en el blanqueo por lo que deben eliminarse o formar complejos estables que eviten la formación de oxixelulosa.

Finalmente tenemos que las sales minerales son las que aportan el mayor porcentaje de metales alcalinotérreos y de transición.

1.1.1.- VARIETADES ALGODONERAS MAS IMPORTANTES:

El algodón es la fibra en forma de vello que cubre la semilla es una planta dicotiledónea de la familia de las malváceas, género "Gossypium". De dicho género existen diversas familias, de las que citaremos las más importantes:

- **Gossypium. Herbáceum:** Es una planta anual, de menos de un metro de altura aunque, en climas favorables, llega a cerca de dos metros.

Da un fruto dehiscente, formado por semillas envueltas por una borra pelosa, que constituye el algodón. Estos pelos o fibrillas tienen una longitud de 1 a 5 cm y un diámetro de 15 a 40µ. Las fibrillas medianas y largas son aptas para hilar, mientras que las más cortas («linters») se usan para la fabricación del rayón. Se cultiva con preferencia en la India, Persia, China y Egipto

- **Gossypium. Arbóreum:** Su tiempo de vida es de cinco a más años llegando a los seis metros de altura. Es originario de la India, donde se le considera como planta sagrada y se utiliza

para la fabricación de géneros para el culto (se le llama también **Gossypium. Relligiosum**). Su fibra es corta, escasa y basta, de color amarillento y resulta al tacto más áspero que las otras variedades.

- **Gossypium. Barbadense**: Vive de uno a dos años, alcanzando alturas de dos a tres metros. Su fibra es la mas larga (unos cinco centímetros) y se le denomina "algodón de fibra larga".

- **Gossypium. Hirsutum**: Planta anual de fibra tiene las fibras blancas, finas y largas. Se cultiva preferentemente en América proporcionando la mayor parte del "algodón americano" que es utilizado para la fabricación de tejidos de tipo medio.

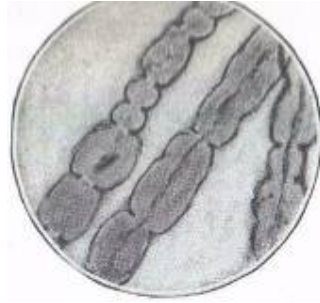
1. 1. 2 - PROPIEDADES PRINCIPALES DEL ALGODÓN

1. 1. 2 1 - PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL ALGODON

1. 1. 2 1 1 - Color.- Generalmente la fibra de algodón va desde blanco hasta color crema. Mediante siembra selectiva se ha obtenido también algodón de color café, canela y verde.

1. 1. 2 1 2 - Forma.- En su aspecto microscópico presenta aspecto de una cinta aplastada granulosa (gráfico 2), cuyos bordes son más gruesos. Su principal característica que lo hace inconfundible, es su aspecto retorcido, esta retorsión es más pronunciada cuanto mayor es el grado de madurez de la fibra. Se

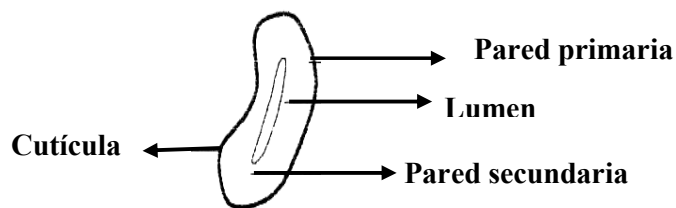
encuentra compuesto a base de moléculas de celulosa, con la estructura molecular típica de ésta.



Fibra de algodón en forma de cintas vistas al microscopio

2 Gráfico

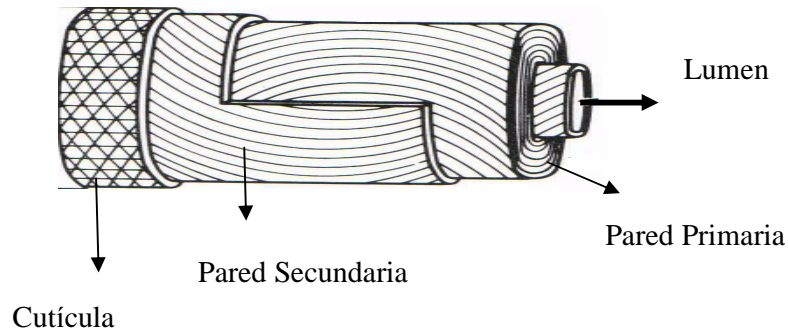
El largo de una fibra de algodón es usualmente. De 1000 a 300 veces su diámetro. El diámetro varía desde 16 hasta 20 micras. Su sección transversal se asemeja a una U o forma de habichuela (gráfico 3), con un canal central conocido como lumen. Durante su crecimiento, este canal lleva los nutrientes necesarios para el desarrollo de la fibra.



Sección transversal de la fibra de algodón

3. Gráfico

Una vez que la fibra ha alcanzado su longitud total, las capas de celulosa se depositan en el interior de la pared exterior, delgada y cerosa. La fibra crece en forma similar a un árbol, con anillos concéntricos de crecimiento.



Sección longitudinal de la fibra de algodón

4. Gráfico

Cada capa esta hecha de pequeñas fibrillas o diminutos segmentos fibrosos. Conforme estas capas fibrilares se depositan, están van formando series completas de espirales que cambian de dirección en ciertos puntos, formando así espirales invertidas. Cuando la bola de algodón se abre, y la fibra es expuesta al ambiente, esta se seca y colapsa en la forma plana que se observa a través de un microscopio. Las espirales de fibrillas de celulosa causan los rizos característicos del algodón, llamados convoluciones, a lo largo de su dirección longitudinal de la fibra (gráfico 4). Estos rizos le dan al algodón a nivel macro la apariencia de una cinta ondulada, lo que facilita el hilado posterior de la fibra hacia hilos.

1.1.2.1.3. - Lustre.- El lustre del algodón es bajo, a menos que se le apliquen tratamientos o acabados especiales. Esto es, en parte, consecuencias de los rizos naturales del algodón y

su consecuente superficie irregular, que rompe y dispersa los rayos de luz reflejados en su superficie.

1.1.2.1.4. - Gravedad Especifica. - Valor: 1.54 lo que significa que los tejidos de algodón se sentirán mas pesados que telas hechas de poliéster (1.38) o nylon (1.14).

1.1.2.1.5. - Absorbencia y Retención de Humedad. - Debido a la gran cantidad de grupos oxidrilos, que atraen el agua, el algodón es una fibra absorbente, esto hace que sea confortable en climas calidos. Su secado es lento debido a que la humedad absorbida debe ser evaporada de la fibra. Por tal razón, las fibras de algodón se tiñen fácilmente con colorantes acuosas. El porcentaje de retención de humedad esta entre 7 y 8% a temperatura y humedad estándar.

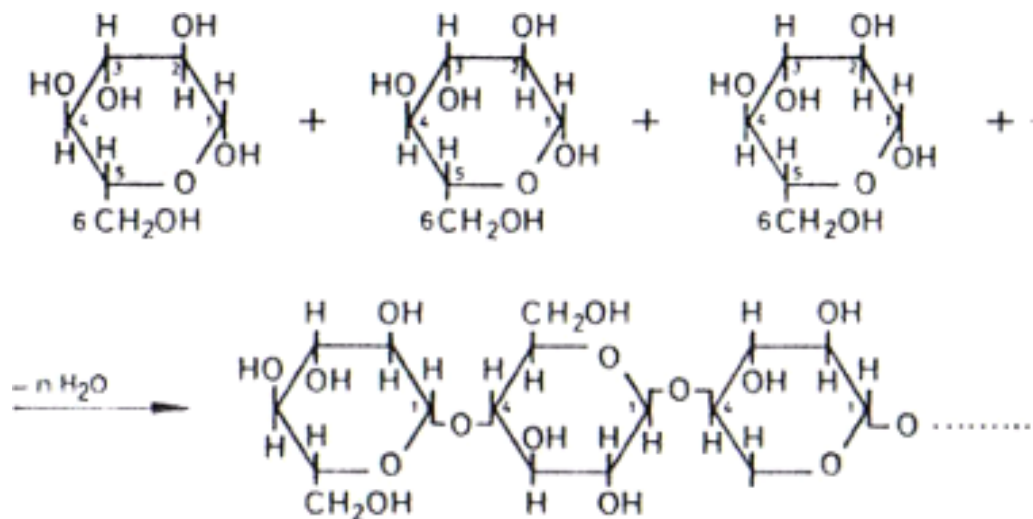
1.1.2.2 - CONSTITUCION Y ESTRUCTURA QUIMICA DE LA CELULOSA

La celulosa es el alto polímero natural más importante, junto con las **hemicelulosas, pectinas y lignina** que le acompañan, constituye el material de sostén de las células vegetales. Todas las fibras naturales del reino vegetal, como el algodón, lino, yute, cáñamo, ramio, etc; contienen como componente principal la celulosa (60-90 por 100)

De las fibras naturales se obtiene la celulosa tratándolas con sosa, con lo que se eliminan las sustancias grasas, pectinas y

proteínas. Para eliminar las pigmentaciones se las somete a un blanqueo con peróxido de hidrógeno (H₂O₂).

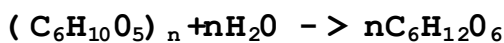
Químicamente, la celulosa es un **polisacárido** de fórmula empírica (C₆H₁₀O₅)_n formado por condensación de moléculas de **glucosa** C₆H₁₂O₆, enlazadas entre sí por unión del grupo hidroxilo glucósido del carbono 1 de una molécula con el grupo hidroxilo alcohólico del carbono 4 de la molécula siguiente, con separación de agua (Formula a).



Fórmula química de la celulosa

a) Fórmula

Esta constitución de la celulosa ha sido deducida, tras numerosas investigaciones y un análisis elemental realizado lo cual da para la celulosa la composición C₆H₁₀O₅. En la **hidrólisis** total se obtiene glucosa (formula b):

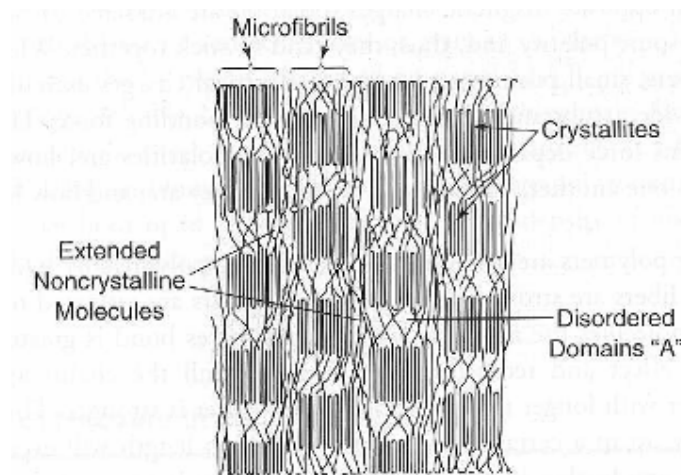


Glucosa

b) Fórmula

De estos datos se deduce que la celulosa está constituida por cadenas lineales de moléculas de glucosa (unidad monómera) unidas entre sí por enlaces β (1, 4)-glucósidos.

Como han demostrado los estudios microscópicos, en las fibras de celulosa natural las cadenas lineales macromoleculares están ordenadas más o menos paralelamente, formando **zonas cristalinas** compactas (de densidad 1,6) y zonas relajadas (de densidad 1,54), llamadas **zonas amorfas**, de menor ordenación. Las zonas cristalinas (70-80 por 100 de la fibra) están formadas por la agrupación de 100-150 moléculas de celulosa, constituyendo fibrillas primarias llamadas «cristalitas» (Gráfico 5).



Zonas cristalinas y amorfas de la celulosa

5. Gráfico

Las cristalitas forman entre sí agrupaciones paralelas, visibles al microscopio electrónico, de micro-fibrillas que a su vez, están reunidas entre sí, con desplazamiento longitudinal, constituyendo las fibrillas. La ordenación de las moléculas de celulosa en cristalitas, microfibrillas y

fibrillas se debe a la tendencia a formar enlaces por puente de hidrógeno entre los hidroxilos alcohólicos de las moléculas vecinas.

1. 1. 2 3. - PROPIEDADES FÍSICAS DE LA CELULOSA

Las características mecánicas de las fibras de celulosa (tienen, por ejemplo, una resistencia a la rotura similar a los metales) son de atribuir al mencionado empaquetamiento paralelo longitudinal de sus largas cadenas macromoleculares.

La tendencia a formar enlaces por puente de hidrógeno entre los grupos OH de las moléculas vecinas explica su insolubilidad en agua, ya que al no estar libres dichos OH no pueden ser **solvatados**. Sin embargo, el agua puede penetrar en los espacios interfibrilares, produciendo una **imbibición** o hinchazón de la fibra de celulosa. En estos espacios quedan localizadas las moléculas de agua por fuerzas de valencia secundarias, y mediante enlace por puentes de hidrógeno con los grupos hidroxilo de las moléculas de celulosa marginales. A causa de la ordenación paralela fibrilar de las cristalitas, la sorción es **anisótropa**, siendo grande radialmente y pequeña longitudinalmente, lo que lleva consigo un aumento del área de la sección del orden del 45 por 100, mientras que la longitud de la fibra aumenta sólo un 1 por 100. El aumento de volumen de las fibras de celulosa imbibidas es, sin embargo, menor que la suma de los volúmenes del agua absorbida y de la fibra seca, el

cual, debido a la pequeñez de sus moléculas monoatómicas, puede penetrar fácilmente en todos los huecos capilares de la fibra. También las propiedades ópticas y la resistencia mecánica son distintas en dirección longitudinal y en dirección transversal. Las fibras de celulosa muestran, pues, un comportamiento anisótropo, es decir, las características de la fibra dependen de la dirección considerada. Por su disposición longitudinal, anisótropa, las fibras de celulosa presentan una mayor resistencia al desgarre en sentido transversal que en longitudinal, o sea, paralelamente al eje de fibra, ya que para desgarrarla transversalmente deben vencerse las fuerzas de valencia principales, es decir, escindirse los enlaces covalentes entre átomos de las cadenas macromoleculares, mientras que en el desgarre longitudinal basta romper los puentes de hidrógeno, más débiles, que mantienen agrupadas las macromoléculas en las cristalitas.

Al aumentar el grado de orientación de las macromoléculas en el contexto fibroso, aumenta la resistencia a la tracción y disminuye el alargamiento relativo de la fibra, ya que con el empaquetamiento paralelo aumenta el efecto de las fuerzas de valencia secundarias que dificulta el deslizamiento de las fibrillas entre sí. Estos efectos se obtienen, por ejemplo, en la mercerización del algodón (que consiste en tratarlo con álcalis bajo tensión para darle mayor resistencia y brillo).

1. 1. 2 4. - COMPORTAMIENTO QUÍMICO DE LA CELULOSA

En los tratamientos químicos de las fibras de celulosa, según sea la naturaleza de los agentes químicos y las condiciones de reacción, los reactivos pueden penetrar solamente en los espacios intermicelares de las cristalitas, o llegar a reaccionar con éstas. Este último caso se reconoce porque tiene lugar un cambio en la estructura roentgenográfica de la fibra de celulosa, mientras que en las reacciones intermicelares no se modifica su diagrama roentgenográfico. La imbibición con agua o álcalis, que va acompañada por una hinchazón de la fibra, es, por ejemplo, proceso intermicelar, mientras que en las reacciones con ácidos y álcalis concentrados, en la esterificación, en la mediación, etc. Se trata de procesos que implican reacciones intramicelares.

En la imbibición, el agua, por falta de fuerzas afines, no consigue penetrar en las zonas cristalinas en las fibrillas primarias; en cambio, las reacciones intramicelares que conducen a derivados de la celulosa tienen lugar en todas las zonas de la fibra, tanto cristalinas como amorfas. Los grupos activos de la cadena macromolecular entran en reacción con secuencia fortuita. Solamente las primeras etapas de la reacción tienen lugar preferentemente en las zonas menos ordenadas (zonas amorfas) de las fibrillas primarias y en las cadenas marginales de celulosa de los espacios capilares de la fibra. Desde allí la reacción prosigue, alcanzando las zonas cristalinas, de modo que el proceso en conjunto abarca todas

las zonas de la fibra. La velocidad del proceso total depende de la morfología de la fibra considerada y de la velocidad de aporte (difusión) del reactivo desde el medio reaccionante a los puntos activos de reacción.

La celulosa es una sustancia incolora, insoluble en agua, ácidos y álcalis diluidos, y en la mayoría de los disolventes orgánicos. A causa de su complejidad estructural, no se conoce con detalle el mecanismo de sus reacciones.

Es soluble en álcalis concentrados, con los que reacciona formando la llamada celulosa sódica, proceso que constituye una de las principales y más antiguas reacciones utilizadas en la técnica textil. Efectivamente, MERCER observó que las fibras así tratadas mostraban mayor resistencia mecánica, más brillo y mayor afinidad con los colorantes, y en su honor se designa el proceso técnico de someter el algodón a la acción de bases concentradas bajo tensión y estiraje simultáneo, como «mercerización».

1. 2 - PRETRATAMIENTO

DESCRUDE Y PREBLANQUEO EN EL ALGODÓN

1. 2 1. - GENERALIDADES

Un buen producto textil acabado depende en un alto porcentaje de la eficiencia y calidad dadas en los procesos que preceden a estas operaciones, en una pieza mal preparada no puede esperarse una tintura homogénea, y, en general, cuanto mejor y mas uniforme es el descrudado del algodón, mas brillantes son los matices obtenidos en la tintura, mas claros los efectos de contraste, mas satisfactorios la mayor parte de los acabados químicos o mecánicos y, finalmente menor la tendencia a aparecer defectos posteriores, es por este motivo que cada uno de los procesos preliminares debe ser bien controlado en sus condiciones, así como también los chequeos de laboratorio que hay que realizar constantemente y esto lo logramos a través de la normalización técnica como herramienta de trabajo, que nos permite mantener sin variaciones en el tiempo ya que en él interactúan muchos factores inclusive el humano.

1. 2 1. 1- PROCESO DE DESCRUDE

El descruce consiste esencialmente en tratar el tejido de algodón con una solución caliente de álcali, a fin de asegurar la eliminación completa y uniforme de los vestigios de agentes humectantes y de las partículas que pudieren quedar de la cáscara o envoltura de las semillas. Este tratamiento contribuye a

liberar los grupos reactivos de la celulosa, y aumentar el grado de blancura en los tejidos de algodón.

Consiste en tratar la tela con sosa cáustica, dispersante y humectante a ebullición (80-90°C) donde la **hemicelulosa**, pectinas, ceras, aceites, grasas y proteínas, resultan saponificadas o degradadas por la acción del álcali y temperatura hasta hacerse solubles en agua, para un lavado posterior eliminarlas completamente, lográndose como resultado una buena absorbencia.

Es necesario en esta fase adicionar un buen humectante y dispersante resistente al álcali, para conseguir una mayor y más rápida penetración de la sosa cáustica y mantener en suspensión las sustancias disueltas (Curva i).

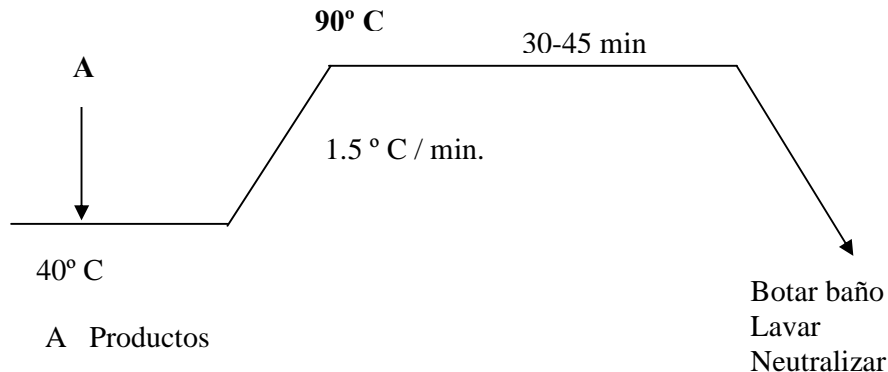
La adición de un agente reductor es también recomendada para proteger la fibra de la formación de oxixelulosa. (Tabla II)

PRODUCTOS	CONCENTRACION gr/lt
Sosa cáustica	40 - 100 al 100%
Detergente Humectante	4 - 8
Agente Reductor	2 - 4
Secuestrante Mineral	2 - 4

Productos para el proceso de descruce

II. Tabla

CURVA DE DESCRUDE DE ALGODON



1. 2 1. 2 - PROCESO DE PREBLANQUEO EN ALGODÓN

Proceso que se efectúa para eliminar del algodón su color natural y la cascarilla de la semilla.

Para el preblanqueo se utilizan productos que por reacción química liberen oxígeno. Los productos más comunes son el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), el hipoclorito de sodio ($NaOCl$) y el clorito de sodio ($NaCl_2$). De los tres el más utilizado es el peróxido de hidrógeno por presentar el menor poder redox, lo que permite una aplicación universal en procesos en frío y caliente.

El hipoclorito de sodio es el más fuerte de los tres y el más barato, pero se descompone con gran facilidad y debido a su alto poder Redox puede atacar la fibra celulósica. El clorito de sodio solo ataca las sustancias que acompañan la fibra y se utiliza más que todo para aquellas fibras que sean sensibles a los oxidantes fuertes como la celulosa y para aquellas que son difíciles de blanquear como el lino.

El peróxido de hidrógeno (H₂O₂) es el blanqueador textil más utilizado, por ser menos nocivo para la salud del operador, no contamina el ambiente, fácil manejo y no producen ningún daño a la fibra también llamado blanqueo en caliente en el cual el género se sumerge en la solución de blanqueo a temperatura ambiente y luego, se calienta aproximadamente de 80 a 90°C durante 30 a 45 minutos.

Los mecanismos de reacción propuestos incluyen las siguientes reacciones:

Reacción de activación (Tabla III)

H ₂ O ₂	+ OH	→	HO ₂	+ H ₂ O
Peroxido	+ álcali liberación del blanqueador en medio alcalino	→	perhidroxilo	+ Agua
HO ₂	→	OH	+ O	
Perhidroxilo	→	Oxidrilo	+Oxígeno atómico Blanqueante	
Cuando no es correcta se interpreta de la siguiente manera.				
2H ₂ O ₂	→	2H ₂ O	+ O ₂ (Molécula inactiva)	

Mecanismo de reacción de activación del H₂O₂

III. Tabla

Un baño de blanqueo debe ser estabilizado para controlar la reacción rápida del ión perhidroxilo (HO₂⁻) y la descomposición del H₂O₂ en oxígeno molecular (O₂) evitando la destrucción catalítica y el deterioro químico de la fibra.

Entre los estabilizadores más eficaces del H_2O_2 esta el silicato sódico (SiO_3Na_2 vidrio soluble) con sales de magnesio, el cual evita la acción de los productos catalíticos como la sales de metales pesados o sus iones, tiene la propiedad de actuar como tapón frente al álcali. En aguas blandas es necesario la adición de Cl_2Mg en pequeñas cantidades que van desde 0.15 hasta 0.2 g/lt. Para formar el SiO_3Mg , sin que el agua quede muy dura, para evitar la formación de precipitados. Los estabilizadores orgánicos son menos eficaces por que los complejos que forman no soy muy estables y tiene alguno inconvenientes como la formación de precipitados por perdida de agua y difícilmente se elimina por lavado ya que forman encostramientos muy duros en las paredes de la máquina y tactos duros y ásperos en la tela.

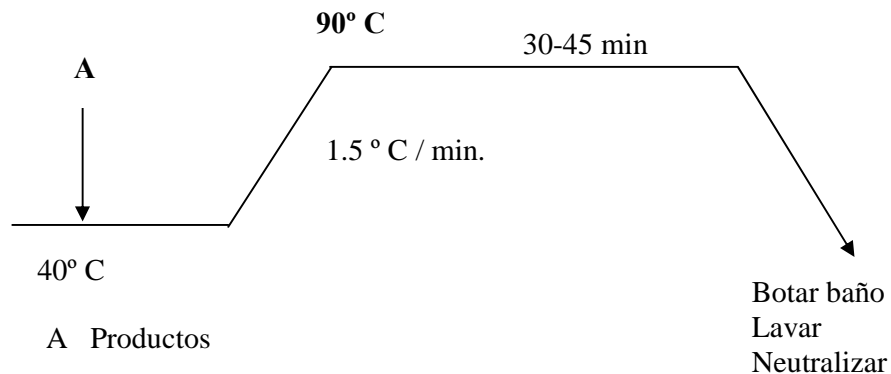
Una fórmula (Tabla IV) general para el preblanqueo es: (Curva ii):

PRODUCTOS	CONCENTRACION gr/lt.
Peroxido de Hidrogeno al 35%	2 - 4
Estabilizador	1 - 2
Sosa Cáustica al 100%	1 - 2
Humectante	1 - 2
Secuestrante	1- 2

PRODUCTOS PREBLANQUEO

IV. Tabla

CURVA DE PREBLANQUEO DE ALGODON



i. Curva

En el proceso de descrude y preblanqueo los auxiliares como detergente, humectante, agente secuestrante y estabilizador de agua oxigenada se encargan de las misiones siguientes:

- El transporte del baño (humectación, desaereación)
- La disgregación (formación de complejos)

La movilización de los productos de reacción (formación de complejos o secuestrado, emulsionado, dispersado) y la protección de la fibra (reducción, formación de complejos, estabilización)

Por último, el auxiliar número uno es el agua, se ocupa de evacuar del género los productos de la reacción y los productos químicos empleados. Partiendo de 100 Kg. de tejido crudo, quedarán después del tratamiento previo unos 80Kg de género listo para la tintura. En el supuesto de que se pudiera extraer en una sola operación todas las impurezas trabajando con una

relación de baño de 1:10, la concentración de impurezas en el baño de lavado sería de 20g/l.

Dada la gran variedad de reacciones químicas y procesos físico-químicos a realizar, el tratamiento previo consta normalmente en la actualidad de una serie de procesos parciales.

La "extracción homogénea" es el principio fundamental por el que se rige toda la técnica de estos procesos, en cuanto a parte química y maquinaria, constituyendo la base del "tratamiento previo uniforme".