

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO

FACULTAD DE QUIMICA

AREA DE FARMACOBIOLOGIA

**"IDENTIFICACION DE FIBRAS EN EL LABORATORIO
PARA SU UTILIZACION COMO PRUEBA PERICIAL"**

**TESINA PRACTICA PARA OBTENER EL TITULO DE:
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO**

PRESENTA

ANA LAURA ALVAREZ MENDEZ

QUERETARO, QRO.

FACULTAD DE
QUIMICA



1991

BIBLOTECA

No. Adq. 150 685

No. Titulo _____

Clas. TS 363.256

A4739

AGRADEZCO A DIOS SOBRE TODAS LAS COSAS
POR HABERME PERMITIDO VIVIR.

A MI MADRE:

SRA. RAQUEL MENDEZ GARCIA.
QUE GRACIAS A SU AMOR, TERNURA,
APOYO, SACRIFICIOS Y ORACIONES
PUDE ALCANZAR MI MAS DESEADA META.

A MI PADRE:

CARLOS ALVAREZ AGUILERA.
POR SU APOYO A MIS ASPIRACIONES.

A MIS HERMANAS Y HERMANOS:

ARACELI, ALEJANDRA, CARLOS Y OSCAR.
A QUIENES LES AGRADEZCO POR SU
DISPOSICION CONSTANTE A AYUDARME EN
CUALQUIER MOMENTO.

A MI ESPOSO:

JOSE GILBERTO SOLORZANO PALOMO.
QUE ME HA BRINDADO TODO SU AMOR,
COMPRESION Y CONSTANTE APOYO DESDE
SIEMPRE.

A MI MAMITA Y CARMEN:

POR TODO EL AMOR QUE SIEMPRE ME HAN
TENIDO.

A MIS TIOS:

ARNULFO Y JUANITA MENDEZ GARCIA.
POR SU APOYO A MIS CONSTANTES DESEOS DE
SUPERACION.

A MIS MAESTROS:

MAGALY ELIZABETH AGUILAR

ELVIA RUIZ

MA. CONCEPCION GARCIA

ALFONSO PEREZ B.

A QUIENES ADMIRO Y AGRADEZCO POR
HABER SIDO ADEMÁS DE PROFESORES , AMIGOS.

A MIS AMIGAS:

ELI, LUZ DEL CARMEN, PILAR, GEMA,
ANABERTA Y BLANCA.

QUE SIEMPRE HAN ESTADO A MI LADO SIN MÁS
INTERÉS QUE NUESTRA GRAN AMISTAD.

INDICE

TEMA	PAGINA
Introducción.	3
Consideraciones generales.	4
Recolección, conservación, marcado y transporte de la evidencia de fibras.	6
Pasos precedentes al examen de laboratorio.	8
Comparación de tejidos.	8
Observaciones que se deben hacer en tejidos a base de fibras.	9
Esquema general de pruebas de laboratorio practicadas a fibras.	9
I. Fase preliminar.	10
1. Examen microscópico.	10
A) Examen microscopico de cortes longitudinales.	10
B) Examen microscopico de cortes transversales.	12
C) Referencias para el examen microscopico de fibras.	12
2. Pruebas de solubilidad.	17
A) Fundamentos de las pruebas de solubilidad.	17
B) Técnica para pruebas de solubilidad.	19
C) Marcha sistemática de separación e identificación de fibras.	19
D) Referencias para pruebas de solubilidad.	21
3. Prueba de combustión.	27
A) Distinción general.	28
B) Referencias para la prueba de combustión.	28
II. Fase de confirmación.	30
1. Reacciones de coloración.	31
A) Reactivos más comunes.	31
B) Datos de referencia para las reacciones de coloración.	32
2. Determinación del punto de fusión.	33
A) Puntos de fusión de las más importantes fibras artificiales.	33
3. Densidad específica.	34
A) Datos de referencia de densidades (g/cm ³).	35

4. Índice de refracción. /	35
A) Datos de referencia.	36
5. Espectrofotometría en el infrarrojo.	36
A) Introducción directa.	36
B) Preparando una película de la fibra.	37
C) Empleo de un solvente "universal" para la disolución.	37
D) Datos de referencia para el infrarrojo.	37
6. Cromatografía gas-líquido.	38
7. Rastreo con luz de anulación corta (SALS).	38
Investigación de las sustancias colorantes.	39
Referencias bibliográficas.	41

INTRODUCCION

El estudio de fibras es muy importante en la investigación criminalística por la elevada frecuencia con que se presentan en hechos delictivos.

Este tipo de evidencia necesita un tratamiento especial que loque identificar si el elemento filiforme se trata de una fibra o de un pelo, en razón de que no es raro que se les confunda y a que en no pocas ocasiones se encuentran mezcladas con pelos.

En la mayoría de los casos se dispone de cantidades pequeñas de muestra, lo que representa una limitante al momento del examen de laboratorio. Debido a éste problema se necesitan métodos específicos y probados que nos brinden la mayor información con el empleo de los instrumentos de que se dispone en un laboratorio forense.

Deben evitarse las pruebas destructivas ya que consumen muestra; si se juzgan necesarias, éstas se aplican al final de un esquema de identificación y cuando no se ha identificado aún la fibra problema.

La magnitud de la información que se puede obtener del examen, está en relación directa con el tamaño de la muestra. Una escasa cantidad solo permite determinar la clase genérica a la que pertenece la fibra; en cambio una muestra abundante hace posible la delimitación de subclase también.

Dos fibras de la misma naturaleza pero elaboradas por diferente fabricante, no es posible diferenciarlas porque tienen idéntica composición química y semejantes propiedades físicas.

La comparación de fibras puede ser hecha en muchos casos; la mayoría se hace simplemente por fotografía directa de las dos muestras de tela. Los correspondientes bordes son puestos tan cerca uno del otro como es posible (tratando de que se observe perfectamente la superficie rota) y se toma la fotografía. Esta es amplificada para mostrar la semejanza o diferencia de las fibras correspondientes. Cuando las piezas son separadas por desgarre, el problema es con frecuencia más difícil. Si existen buenos puntos de referencia tal como el patrón de teñido, fibras atípicas o longitud de las mismas, pueden ser determinadas sus posiciones relativas.

Con un razonable grado de ingeniosidad la resolución de la mayoría de los problemas de este tipo pueden ser encontradas pero no siempre es tan fácil de suponer.

CONSIDERACIONES GENERALES

Los laboratorios de Criminalística hoy en día, desempeñan un papel clave en el desarrollo de la evidencia física en todo el mundo.

Es conveniente hacer notar, que la Criminalística es un complemento y no un sustituto de la labor del investigador policiaco. El laboratorio trabaja con pruebas materiales y en el caso de no encontrarse éstas, sean insuficientes o de poco valor, por muy profesionales y eficientes que sean los peritos de las diversas áreas y aún contando con un equipo muy completo, no se podrán reportar resultados útiles.

1) **MODELO DE LABORATORIO:** Es recomendable integrar a los siguientes departamentos.

1. Identificación y dactiloscopia.
2. Fotografía.
3. Fisicoquímica.
4. Biología.
5. Grafoscopia.
6. Archivo.
7. Mantenimiento de equipo.
8. Anexo de medicina forense.

2) **QUIMICA FORENSE:** Es la ciencia que aplica las leyes de la química a la explicación de cómo se forman las moléculas y a los métodos para transformar unas moléculas en otras. Se divide para su estudio, en:

1. General.
2. Descriptiva.
3. Analítica.
4. Fisicoquímica.
5. Química aplicada.

De todas estas ramas descritas, la que nos interesa desde el punto de vista criminalístico, es la Química Analítica, la cual se divide, a su vez, en dos grandes ramas:

* Química analítica mineral que se ocupa del estudio de los cuerpos derivados del reino mineral.

* Química analítica orgánica que se ocupa de los derivados del carbono.

La Química analítica recurre a dos tipos de análisis químicos:

* **Análisis químico cualitativo:** Se hace mediante reactivos y reacciones adecuados, para conocer cuál o cuáles elementos componen la sustancia examinada. Se emplean dos tipos principales de procedimientos, que son:

a) Vía seca: Se utilizan para los ensayos preliminares y en manos expertas son definitivos. Aquí se emplean las coloraciones a la llama del gas, el soplete sobre carbón y pueden perfeccionarse mediante el empleo del microscopio, espectroscopio y espectrógrafo.

b) Vía húmeda: En ella se emplean los cuerpos por analizar en solución, ensayándolos mediante todas las reacciones características.

* Análisis químico cuantitativo: Da a conocer la cantidad y proporción en que los elementos están presentes en la sustancia analizada. Las reacciones deben llevar a la obtención de una combinación química perfectamente definida, estable, fácil de aislar y valorar exactamente.

3) ¿QUE ES UNA PRUEBA? Razón o argumento con que se demuestra una cosa. Lo que sirve para probar es el "dictamen del perito", "la declaración del testigo", "el resultado de la inspección", etc., pero no es el "testigo", ni lo es el "perito"; es lo que ellos produjeron.

En resumen, podemos decir que la prueba pericial no es sino el resultado de la aplicación de la experiencia que una persona tiene en un arte o ciencia, a una persona, a un objeto o a un lugar.

Al utilizarse el medio de prueba (que no es sino un instrumento), se puede llegar o no a tener probado el hecho.

4) CUANDO PUEDE OFRECERSE LA PRUEBA PERICIAL: Son dos las situaciones:

1. La que plantea el ejercicio de la facultad de investigar el delito.

2. La que determina los derechos que como parte, tienen el Ministerio Público (cuando ya ha ejercitado la acción penal), el procesado, su defensor y la víctima.

Indiciado y defensor tienen derecho a proponer al Ministerio Público, cuando está llevando a cabo la averiguación previa, el empleo del medio de la prueba pericial; igual que cuando, ya ejercitada la acción, lo tienen como parte para ofrecer esa prueba al juez, derecho que nace desde el auto que admite la consignación a la que deben acompañar todas las diligencias que haya practicado el Ministerio Público, y que no desaparece aún cuando se haya dictado el auto que declara cerrada la instrucción; también puede ofrecerse esa prueba y rendirse, si es que antes no se ha rendido en la audiencia.

Por su parte, el juez, para tener mayores elementos de conocimiento -para poder sentenciar- tiene facultad de acudir a la prueba pericial. A esa facultad se le llama "diligencias para mejor proveer".

Cuando la sentencia admite el recurso de apelación, también pueden hacer las partes uso de la prueba pericial en segunda instancia y este tribunal, para "mejor proveer" está igualmente facultado para utilizarla.

Cuando el Ministerio Público, el procesado, su defensor o el ofendido quisieran promover esa prueba ante el Tribunal de Apelación deben hacerlo en el momento en que se les notifica el auto que dicta el tribunal al recibir el expediente y hacer saber a las partes el día y la hora en que va a tener lugar la audiencia en el recurso de apelación.

Si no se hace la petición de la prueba en aquella ocasión, puede hacerse dentro de los tres días siguientes al momento en que notifica el auto que señala día y hora para la audiencia en el recurso; pero, al promoverse, quien la solicita está obligado a expresar el objeto del peritaje. El tribunal al día siguiente, decidirá si admite o no la prueba. Si declara que la admite, se abre un término de cinco días para que dentro de él se rinda. El Tribunal de Apelación también tiene la facultad de acudir a la prueba pericial una vez que haya tenido lugar la audiencia y para que pueda rendirse la prueba pericial, deberá fijar el término de diez días, dentro del cual emitirán su dictamen el perito o peritos nombrados.

RECOLECCION, CONSERVACION, MARCADO Y TRANSPORTE DE LA EVIDENCIA DE FIBRAS:

En lo relacionado con fibras, podemos incluir todo lo que son fragmentos de tejidos, fibras textiles, hilos de coser, cordeles, lazos, etc.

Lo más recomendable es recoger y enviar las fibras halladas y cuyos análisis consideremos sean de importancia, cuidando que no sean revueltas con otras ajenas a la investigación, como pueden ser aquellas que llevamos adheridas a nuestras ropas y que, al revolverse con las anteriores, no harían otra cosa que embrollar aún más la investigación y sus resultados, en lugar de ayudar a clarificarla.

La manera de recogerlas y embalarlas, es muy importante y de ello depende el buen o mal resultado de los análisis, pues se ha sabido que ciertos sistemas de recolección y traslado son en muchos casos contraproducentes, por lo cual es factible que en los análisis del laboratorio se lleque a conclusiones erróneas.

1. OBJETOS EN LOS CUALES SON VISIBLES LAS FIBRAS Y PARECEN ESTAR FIJADAS CON FIRMEZA: Deje las fibras intactas sobre el objeto. Dibuje un diagrama que muestre posición y cantidad de las fibras. Existen dos casos:

a) Si las fibras se encuentran adheridas a un objeto pequeño (en un coágulo de sangre o un arma, por ejemplo) se transporta el objeto con la fibra permaneciendo en su lugar original. Coloque en una caja cerrando herméticamente.

b) Si el objeto no puede moverse como en el caso del antepecho de una ventana, la portezuela de un automóvil o una pared, anote la ubicación exacta de las fibras. Quite cuidadosamente las fibras con unas pinzas para preservarlas intactas y colóquelas en un frasco o recipiente con tapa hermética, como un tubo de ensaye.

En ambos casos se sella el recipiente, se etiqueta con los datos de identificación y se envía al laboratorio.

No deben ser enviados en un sobre o cajita de cartón sin protección adicional, dado que pueden ser perdidas al abrirse el sobre o cajita por una corriente de aire. El procedimiento de elección es colocar las fibras en un papel filtro, doblar cuidadosamente sin encorvar la fibra y encerrarla en un recipiente.

2. FIBRAS QUE SON VISIBLES SOBRE LOS OBJETOS Y NO ESTAN FIJAS CON FIRMEZA: Quite cuidadosamente las fibras con unas pinzas y empaquételas colocándolas en cajas pequeñas o recipientes con tapa hermética. Etiquete con los datos de identificación, sellelo y envíelo al laboratorio.

3. FIBRAS NO FACILMENTE VISIBLES PERO DE CUYA PRESENCIA SE SOSPECHA: Utilizando una cinta adhesiva transparente ordinaria (de celofán), cubra el área en la cual las fibras puedan estar adheridas. Cuando se retira la cinta cualesquiera fibras que existan se pegarán a la superficie engomada. Coloque la cinta, con la superficie engomada hacia abajo, en una superficie no absorbente, tersa y limpia (vidrio, plástico, celofán). Colóquela en un recipiente con tapa hermética, etiquete con los datos y envíe al laboratorio. Este método puede ser en muchos casos erróneo, ya que las sustancias empleadas en dichas cintas pueden influir en la descomposición de los tintes propios de las fibras recolectadas.

4. FIBRAS POSIBLEMENTE TRANSFERIDAS A LA ROPA DE LA VICTIMA O

DEL SOSPECHOSO: Si está implicada la ropa de más de una persona, mantenga cada prenda separada de las otras. Evite posibles contaminaciones. No las envuelva sobre el mismo sitio y tenga especial cuidado de no alterar la presencia de tierra, polvo, sangre, mancha seminales u otro material adherido a la tela. Coloque una marca de identificación en cada prenda de ropa con tinta o un lápiz indeleble sin interferir con las áreas manchadas. Envuelva cada artículo por separado.

5. FIBRAS POSIBLEMENTE TRANSFERIDAS A OTROS MATERIALES

FIBROSOS: Si existe la posibilidad de que las fibras se transfieran a materiales como cobijas, cubreasientos o toallas, mantenga estos artículos separados de la ropa de la víctima o del sospechoso. Evite la contaminación así como alterar la tierra, polvo, sangre, manchas seminales u otro material adherido a la tela. Ponga una marca de identificación a cada artículo sin interferir las áreas manchadas. Envuelva cada artículo por separado en bolsas nuevas de papel o plástico. Etiquete y selle los paquetes individuales y colóquelos en un recipiente más grande para su envío al laboratorio.

6. RASPADURAS EN LAS UÑAS: Se deben tomar tanto de la víctima como del sospechoso, para este propósito se puede usar una navaja limpia, una lima para uñas o un mondadientes. No use el mismo instrumento para más de una persona. Coloque las raspaduras o recortes de cada mano en cajas pequeñas por separado, en frascos de vidrio o recipientes con cierre hermético. Etiquete, selle y empaque en un recipiente más grande para su envío al laboratorio.

PASOS PRECEDENTES AL EXAMEN DE LABORATORIO

Antes de iniciar el examen propiamente dicho, las muestras recibidas debieron ser debidamente registradas. A continuación se fotografía cada una de las muestras, siempre con la presencia de una cintilla métrica y de los datos referentes a la identificación de la misma, al expediente con el que está relacionada y a la fecha en que el estudio se efectúa. Posteriormente se clasifican los diferentes filamentos de una muestra en relación a su color y a la intensidad de éste, operación que puede realizarse bajo un microscopio estereoscópico, y la información en cuanto a tipo, número, longitud, color y apariencia se escribe en la libreta de registro. No debe olvidarse señalar la presencia de adherencias, las que serán estudiadas por separado.

COMPARACION DE TEJIDOS

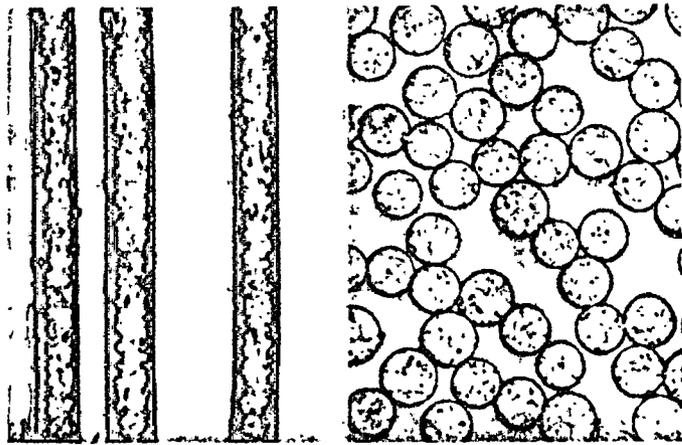
Cuando existen fragmentos de tejidos como evidencia, es esencial buscar la pieza más grande de la cual fue roto o rasgado el fragmento que se tiene. Cuando ésta es localizada, la comparación entre los dos tejidos es relativamente simple y puede dar pruebas concluyentes acerca del origen del fragmento. Los factores que deben ser comparados son:

- a) Dimensiones
- b) Color
- c) Tipo de tejido
- d) Forma
- e) Patrón de teñido
- f) Entretejido
- g) Conteo y comparación de fibras
- h) Dirección de la torsión de las fibras

Ordinariamente el método de comparación de los rasgos mencionados es un tanto obvio con la excepción del último factor. Las dificultades varían según las condiciones y pueden muchas veces ser considerables.

OBSERVACIONES QUE SE DEBEN HACER TEJIDOS A BASE DE FIBRAS

Con frecuencia es necesario determinar el porcentaje en que se encuentran mezcladas diversas fibras que pueden existir en un tejido o porción de tejido y pueden presentarse los siguientes casos:



Nailon (deslustrado), vista superficial y en cortes transversales, $\times 300$.

Secciones longitudinales y secciones transversales de algunas fibras comunes:

algodón

algodón mercerizado

lino

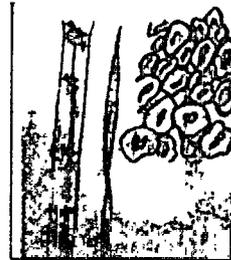
cáñamo

rayón cupramonio

nailon

lana

rayón viscosa



ESQUEMA GENERAL DE PRUEBAS DE LABORATORIO
PRACTICADAS A FIBRAS

I. FASE PRELIMINAR

1. EXAMEN MICROSCOPICO

- a) De cortes longitudinales de la fibra
- b) De cortes transversales de la fibra

2. PRUEBAS DE SOLUBILIDAD

3. PRUEBA DE COMBUSTION

II. FASE DE CONFIRMACION

1. REACCIONES DE COLORACION

2. DETERMINACION DEL PUNTO DE FUSION

3. DENSIDAD ESPECIFICA

4. INDICE DE REFRACCION

5. ESPECTROFOTOMETRIA EN EL INFRARROJO

6. CROMATOGRAFIA GAS-LIQUIDO

7. RASTREO CON LUZ DE ANGULACION

1. Que la trama este formada por una fibra y la urdidumbre por otras.
2. Que la trama este formada por una fibra mezclada y la urdidumbre no, o a la inversa. ✓
3. Que trama y urdidumbre esten formadas por fibras mezcladas.

* No existe un esquema general de identificación para fibras aplicable a todos los casos y en todos los laboratorios, siempre es conveniente que el químico diseñe el suyo propio de acuerdo con sus necesidades y con los medios que disponga en su lugar de trabajo.

B) Examen microscópico de cortes transversales: Con el fin de estudiar la forma de la sección de la fibra, se recurre al empleo de una placa de acero inoxidable de aproximadamente 1 a 2 mm de grueso y del tamaño de un portaobjetos, a la cual se le practica en el centro un orificio de un 1 mm de diámetro. La fibra por estudiar se coloca entre varios filamentos de algodón negro, todos ellos se retuercen y se pasan a través del orificio, de manera que los extremos sobresalgan por ambos lados de la placa. Con una navaja de rasurar se cortan los filamentos al ras de cada una de las caras de la placa y se observa la preparación al microscopio con 250-500 X aumentos.

Aquí se observa la forma de la sección transversal de la fibra y de la médula en caso de que se presente así como la forma de las células de la corteza.

REFERENCIAS PARA EL EXAMEN MICROSCOPICO DE FIBRAS

ALGODON

===== Longitud 12 - 50 mm.

Diámetro 9 - 40 micras.

Cutícula: Es una membrana externa tubular que consiste en un tipo de celulosa muy tenaz, en forma de corteza. En su interior se deposita la celulosa, lo que hace que la membrana celular sea cada vez más espesa. Al finalizar el crecimiento presentan un canal hueco o lumen minúsculo.

Forma: Se presenta como una cinta con torsiones helicoidales que varían de 75 - 150 torceduras por centímetro, estas pueden ser S o Z y se observan pelos entre las células epidérmicas.

Corte transversal: La sección de la fibra es como un tubo aplanado y el canal medular adopta forma de media luna. La relación membrana y el canal medular es 4:10.

CANAMO

===== Longitud 5 - 55 mm (promedio 22 mm).

Diámetro 16 - 50 micras.

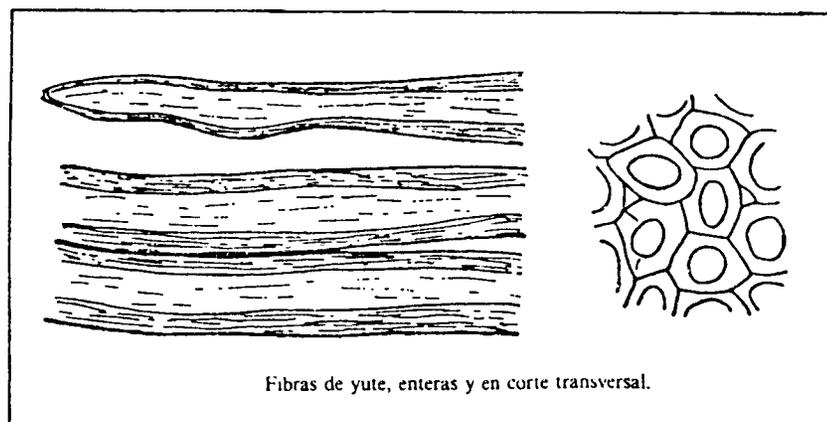
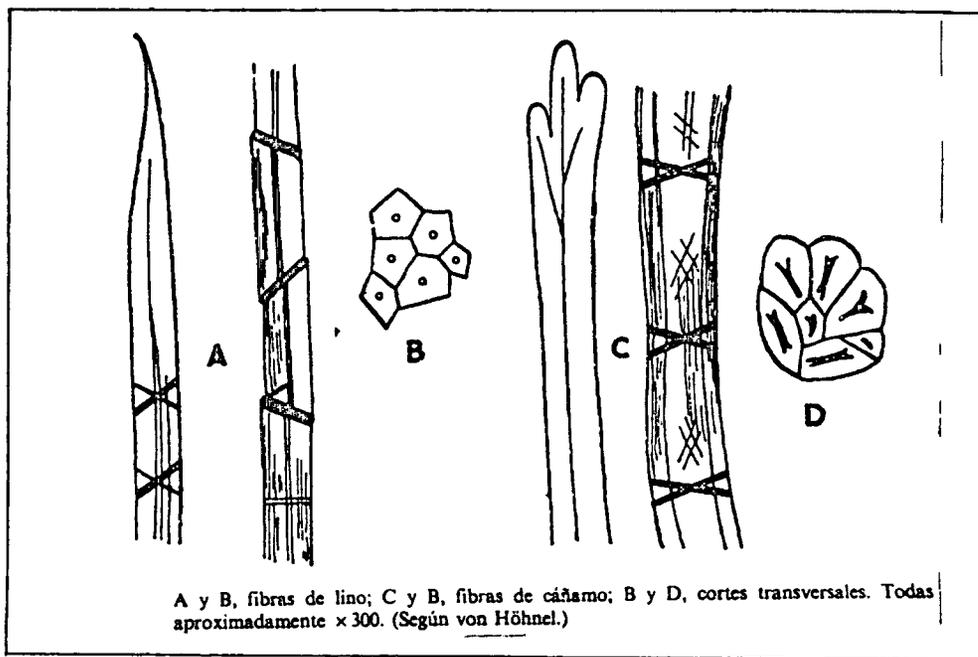
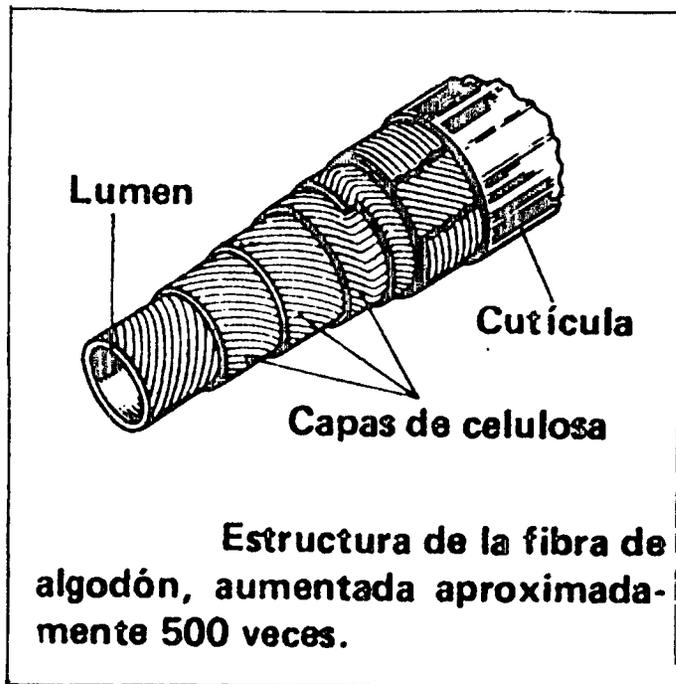
Membrana: Estriaciones marcadas, fisuras transversales y abultamientos; lumen ancho y uniforme.

Sección transversal: Aproximadamente de 3 a 6 ángulos con esquinas redondeadas; lumen hendido o ramificado.

CAPOK

===== Longitud 10 - 35 mm.

Diámetro 16 - 45 micras.



3. Posteriormente se montan las fibras simples en un portaobjetos y se observan a 100-500 X bajo luz transmitida y así puede efectuarse el estudio del estado de la superficie cubriendo la fibra con alcohol amílico, yoduro de metileno o luqol aunque puede fijarse también con una fina película de barniz de uñas transparente en el portaobjetos (Figura #4).

4. Examen micrométrico: Para ello se utiliza un microscopio compuesto con luz transmitida y objetivos seco débil (10 X) y seco fuerte (40 X); es recomendable disponer de un sistema fotográfico acoplado que permita la impresión de los datos de mayor relevancia. Este se realiza con el empleo de una reticula ocular y haciendo siempre cinco mediciones como mínimo a lo largo de la fibra para después obtener un promedio de los siguientes parámetros:

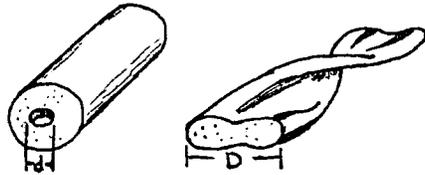
- Diámetro de la fibra
- Diámetro medular
- diámetro medular promedio
- Índice medular = $\frac{\text{diámetro medular promedio}}{\text{diámetro total promedio}}$ (Figura #5)
- Espesor de las paredes

Las fibras vegetales y animales muestran canal medular, a excepción de la seda y de los pelos delgados. En todos los pelos se observan células cuticulares de formas variadas y zona cortical con estructura celular y granos de pigmentos. Las fibras artificiales presentan una apariencia uniforme sin estructura celular, gránulos de pigmento ni canal medular aunque entre las estrias longitudinales pueden aparecer pequeñas inclusiones de polvo o deslustrador.

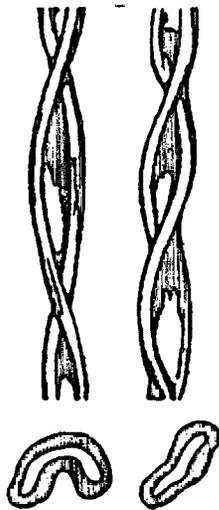
Otras determinaciones que deben practicarse corresponden a la uniformidad o irregularidad del diámetro total y a la relación que existe entre el diámetro de los extremos y el de la porción intermedia. Con estas observaciones ya se puede determinar si se trata de un pelo o una fibra.

5. Coloración: Esta puede ser natural o artificial. En caso de ser natural, permite el estudio de la fibra si no es intensa, pero si es muy intensa, tendrá que recurrirse a una decoloración previa con peróxido de hidrógeno al 30% para poder estudiar correctamente las características; si la coloración es artificial también se procede a decolorar y si se trata de pelo se busca la presencia de pigmentos.

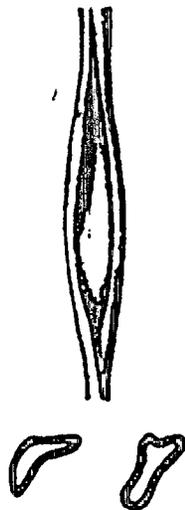
Dibujo #5 En una fibra el diámetro es igual a la anchura. En secciones transversales de fibras puede oscilar entre un valor mínimo y un máximo, según la posición de la fibra en relación con los ojos del observador. En ese caso, se acepta la mayor anchura óptica.



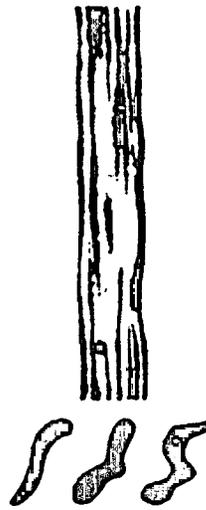
Fibras de algodón en sentido longitudinal y sección transversal.



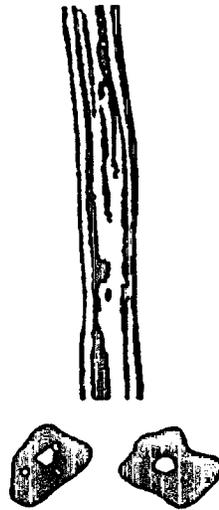
**Algodón
maduro**



**Algodón
todavía
verde**



**Algodón
muerto**



**Algodón de
mercería**

I. FASE PRELIMINAR

=====

Determina si el elemento fibrilar es un hilo o una fibra, discrimina entre fibras naturales y artificiales, y trata de diferenciar entre fibras vegetales y animales. Esta fase utiliza como medios el estudio microscópico, las pruebas de solubilidad y como última opción la prueba de combustión.

1. EXAMEN MICROSCOPICO: Recurre al empleo de diversos tipos de microscopio.
 - Estereoscópico de bajo aumento
 - Compuesto con luz transmitida y alto poder de resolución
 - Microscopio de fluorescencia
 - Microscopio de comparación

A) Examen microscópico de cortes longitudinales.

1. A bajo aumento (20-40 X) se inicia el examen para detectar la presencia y naturaleza de adherencias, observar la apariencia general y determinar si se trata de un solo elemento o de varios iguales o diversas características físicas.

En caso necesario, las fibras se limpian con solución jabonosa, con carbonato de calcio al 10% o con una mezcla de éter y alcohol a partes iguales.

En general, las fibras de origen animal se presentan aisladas, tienen superficie irregular y longitud de varios centímetros; en cambio, las fibras vegetales que se observan unidas en haces, son de escasas proporciones y de superficie lisa. Por su parte, las fibras artificiales tienen apariencia de barra, con superficie lisa o con estriaciones longitudinales.

2. Se determina si el elemento fibrilar en estudio es una fibra o un hilo. Entendiendo por fibra la unidad más simple de un hilo, el cual a su vez está formado por haces de fibras simples que han sido hilados, torcidos o trenzados

En el caso de que se trate de un hilo, se establecerá:

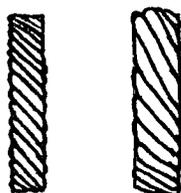
- Diámetro (Figura #1)
- Número de fibras que lo componen
- Patrón de torcido S o Z (Figuras #2 y #3)
- Número de torceduras por centímetro
- Coloración

FIGURA #1

"DIAMETRO DE UN HILO"

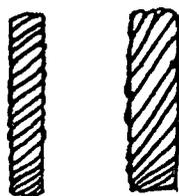


FIGURA #2



TORSION "S"

FIGURA #3

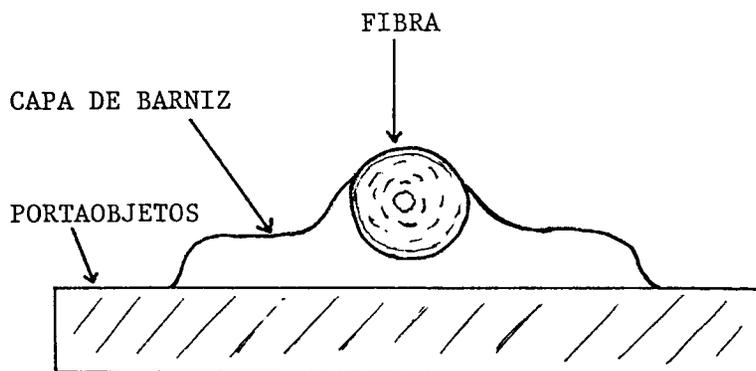


TORSION "Z"

FIGURA #4

MOLDE DE UNA FIBRA

Preparación para examen de las fibras



Superficie: Muy lisa, casi sin estructura.
Sección transversal: Redonda. El espesor de la membrana es de 1 a 2 micras. La relación entre el espesor de la membrana y la anchura del espacio interno es de 1:10.

COCO

==== Lonqitud 15 - 33 cm.
Diámetro 0.05 - 0.4 mm.

LINO

==== Lonqitud 6 - 60 mm (promedio 25 mm).
Diámetro 12 - 26 micras.
Membrana: Gruesa que presenta estriás en "X" de forma irregular, sobre una superficie lisa.
Canal medular: Regular, filiforme y pequeño.
Sección transversal: Es poligonal o hexagonal con lumen puntiforme.

RAMIO

===== Lonqitud 60 - 250 mm (promedio 120 mm).
Diámetro 10 - 80 micras.
Superficie: Fina, sedosa y brillante.

SISAL

===== Lonqitud 1.5 - 4.0 mm.
Diámetro 20 - 32.
Superficie: Lustrosa y brillante. Sus estriás son oblicuas con acanaladuras longitudinales.
Sección transversal: Es oval y el canal es pequeño, regular y de forma elíptica con bordes granjeados.

YUTE

==== Lonqitud 0.8 - 5 mm (promedio 2 mm).
Diámetro 10 - 25 micras.
Membrana: Es una fibra gruesa y tiesa sin marcas longitudinales ni transversales y una cavidad larqa y amplia de diámetro no uniforme.
Sección transversal: Poligonal, ángulos agudos; lumen oval o circular.

ABACA

===== Lonqitud 2 - 8 mm.
Diámetro 16 - 32 micras.

ALPACA

=====
Longitud 8 - 12 cm.
Diámetro 22 - 30 micras.
Superficie: Fina, suave, tiene poca ondulación y brillo sedoso.

ANGORA

=====
Longitud 4 a 7 cm (de más de 7 cm son los de primera calidad).

CACHEMIRA

=====
Longitud 40 - 45 cm.
Diámetro 6 - 24 micras.
Superficie: Tienen un brillo sedoso y se observan suaves.

CAMELLO

=====
Longitud de pelo fundamental 10 cm aproximadamente.
Longitud de pelo tipo cerda 5 - 7 cm.
Diámetro 19 - 20 micras (pelo fundamental).
Superficie: Color café amarillento, suave y ondulado.

CRIN DE CABALLO

=====
Longitud cola 60 - 80 cm.
cuello 25 - 45 cm.

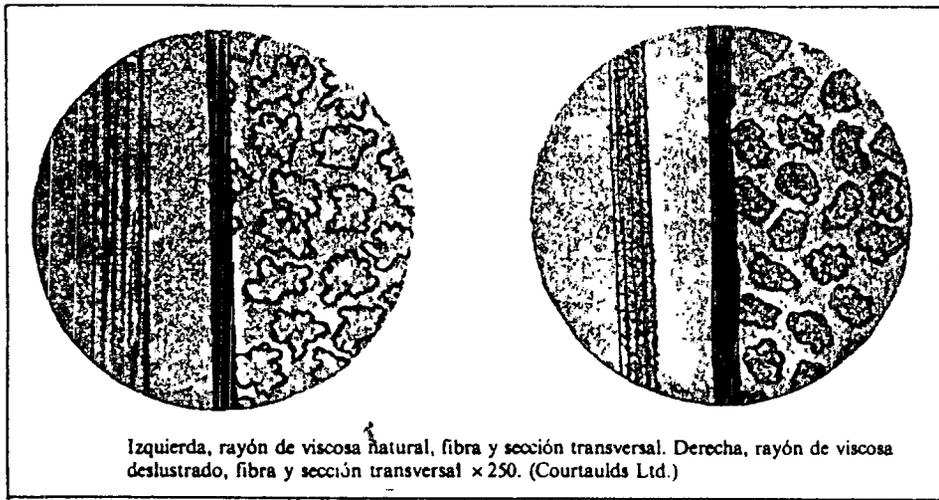
LANA

=====
Longitud Merino 4 - 10 cm.
Cheviot 15 - 25 cm.
Cruces 12 - 15 cm.
Leicester 30 - 50 cm.

Diámetro 10 - 80 micras.

Cutícula: Se compone de escamas epiteliales, imbrincadas, aplanadas y más o menos traslúcidas. La forma y ordenación de las escamas varían según la raza y su número en una longitud de 100 micras oscila de 9.7 - 12.1 en las diferentes lanas. En los tipos finos de lana, las escamas individuales rodean totalmente al pelo y están insertadas mutuamente en forma de cálices. En los tipos de lana más groseros, la escama individual no rodea al pelo por completo, sino que quedan superpuestas, a manera de tejas. Se observa como superficie áspera con estriaciones transversales.

Corteza: Se compone de células alargadas y fusiformes unidas en una masa córnea, en la cual se



- Dibujos de algunas fibras con vista longitudinal y transversal

Pelos y sedas	Lanas	Fibras vegetales	Fibras químicas	
			Poliacrílicas	Poliámidas
	Lana gruesa			
		Ramio		
	Lana shetland			
Alpaca				
Pelo de camello		Kapok		
	Lana de merino	Algodón de Estados Unidos		
Cachemira		Algodón egipcio		
Vicuña				
Seda		Algodón		

encuentran a veces esparcidas células pigmentadas. Cuando se observa a través de las escamas epiteliales, la corteza aparece con delicadas estriaciones longitudinales. La solución concentrada de amoníaco produce la separación de las escamas epiteliales en pocos minutos y facilita la observación de las fibras corticales.

Médula: Ocupa casi un tercio del diámetro total y está constituida por células redondeadas o poliédricas que contienen materia grasa o pigmentos, y se observa mejor cuando sus células contienen mucho aire o pigmento. Suele apreciarse bien si el pelo ha sido empapado en alcohol y dejado secar o cuando se utiliza ácido clorhídrico como medio de montaje. Varía su diámetro y no es continuo a lo largo del pelo. Aunque a veces está ausente, sobre todo en la lana fina.

Forma: Se presenta en forma tubular rizado o encrespado, ya que tiene una ondulación natural sin que llegue a retorcerse. Cuanto más fino es el pelo más corta es la ondulación.

Corte transversal: La sección de la fibra es casi redonda y la del canal también.

LLAMA

==== Lonqitud 6 - 12 cm.
Diámetro 10 - 35 micras.
Superficie: Sedosa y de brillo opaco.

MOHAIR

===== Lonqitud 12 - 30 cm.
Diámetro 10 - 70 micras (promedio 42 micras).
Superficie: Escamosa parecida a la lana pero más brillante.

SEDA

==== Lonqitud De morera hasta 4000 m.
Hilada 10, 15 y 18 cm.
Silvestre 600 - 1400 m.
Diámetro De morera 10 - 21 micras (promedio 16 micras).
Desenqomada 8 - 15 micras.
Silvestre 30 - 60 micras.

Superficie: Es lisa, brillante, carece de estrías longitudinales; su superficie externa es irregular, con fisuras transversales y plieques. Carece de canal.

Forma: Irregular.

Corte transversal: La sección de la fibra es

triangular con ángulos redondeados. En otros casos el corte toma la forma de un ocho invertido aunque puede tomar forma y tamaño irregulares.

VICUNA

=====
 Longitud aproximada de 5 cm.
 Diámetro 13 - 14 micras.

AMIANTO

=====
 Longitud 10 - 22 mm.
 Diámetro 0.5 - 0.9 micras (0.75 micras en promedio).
 Sección transversal: Anular.

FIBRAS SEMISINTETICAS Y SINTETICAS: No es de gran valor su diámetro y longitud ya que, varían en alto grado y las hay desde muy delgadas hasta muy gruesas y en todas longitudes. En esta parte solo se indicarán la superficie y sección transversal de las fibras más comunes.

FIBRA	SUPERFICIE	SECCION TRANSVERSAL
Acetato de celulosa	Lisa.	Di-, tri- o tetralobulada.
Acetatos	Estrías longitudinales paralelas.	Forma irregular y contorno aserrado.
Acrilán	Estrías longitudinales paralelas.	Redonda.
Acrílicas	Lisa.	Redonda o casi redonda, ocasionalmente bilobulada, gusa no o como hongos.
Alginatos	Lisa.	Dentada e irregular.
Modacrílicas	Estrías longitudinales paralelas.	- - - - -
Nailon	Lisa.	Redonda o trilobulada.
Orlón	Estriada.	Apariencia de hoja de trébol.
Poliéster	Lisa.	Redonda o trilobulada.
Polietileno	Lisa.	- - - - -
Proteínas regeneradas	Estriadas débilmente.	Curvas con manchas.
Rayón cupramonio	Lisa.	- - - - -

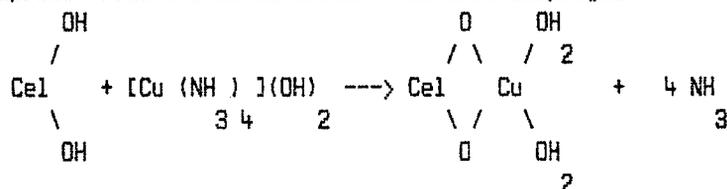
Rayones	Estrías longitudi- nales paralelas.	Forma irregular con perfil aserrado.
Sarán	Lisa.	Casi redonda.
Vicara	Lisa.	-----
Vidrio	Lisa.	-----
Vinilos	Lisa.	-----

2. PRUEBAS DE SOLUBILIDAD: Mediante los ensayos de solubilidad e imbibición en diversos disolventes orgánicos e inorgánicos, podemos lograr una separación e identificación por grupos, de las fibras de tejidos simples o mezclas.

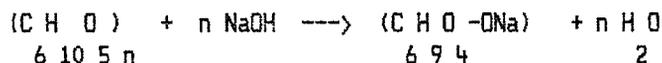
A) Fundamentos de las pruebas de solubilidad: La celulosa es el alto polímero natural más extendido e importante. Junto con las hemicelulosas, pectinas y lignina que le acompañan, constituye el material de sostén de las células vegetales. Todas las fibras naturales del reino vegetal, como el algodón, lino, yute, cáñamo, ramio, etc., contienen como componente principal la celulosa (60-90%). Asimismo, las fibras de seda artificial o rayón y la lana vegetal están formadas exclusivamente por celulosa regenerada.

La tendencia de la celulosa 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.

La celulosa se disuelve bien en disolución amoniacal de óxido cúprico (reactivo de Schweizer) formando complejos:



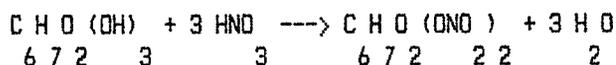
De cuya disolución puede precipitar de nuevo por adición de ácidos, sales o agua caliente, pero habiendo perdido su estructura fibrilar. Es soluble en álcalis concentrados, con los que reacciona formando la llamada celulosa sódica. Por la presencia de grupos alcohólicos en las moléculas de celulosa, es posible considerar la celulosa sódica formada en la reacción con NaOH como un alcoholato:



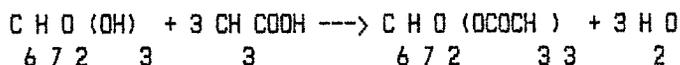
Con ácidos fuertes tiene lugar la escisión de los enlaces etéreos Beta-glucosídicos de la celulosa, disminuyendo su tamaño molecular y dando lugar a las llamadas erróneamente hidrocélulosas o hidratos de celulosa, por creerse antes que se trataba de hidratos, pero en realidad son simplemente celulosas de menor grado de polimerización. Paralelamente tiene lugar una disminución de la solidez de la fibra. La acción de los ácidos orgánicos es mucho más débil. Se trata en realidad de procesos hidrolíticos en los que los grupos alcohólicos que se forman en los puntos de escisión se transforman en grupos semiacetal o aldehído, por apertura del anillo glucósido, como demuestra el aumento de poder reductor de estos productos con la degradación.

No obstante, bajo determinadas condiciones, los ácidos actúan esterificando los hidroxilos alcohólicos de las unidades monómeras de glucosa:

Así por ejemplo, con ácido nítrico.



y con ácido acético.



Tratando fibras de celulosa durante unos segundos con ácido sulfúrico al 65%, fuertemente enfriado, se produce una "perqaminación", volviéndose diáfanos y firmes (orqandi).

Las hemicelulosas son mezclas complejas de diversos polisacáridos (principalmente xilano, arabano, manano y galactano), cuyos monómeros están unidos entre sí por enlaces beta (1,4)-glucosídicos, como en la celulosa. La liqulina es un poliéter complejo formado por polimerización deshidrogenante enzimática de diversos alcoholes fenólicos no saturados.

La solubilidad en ácidos, bases y disoluciones de electrolitos salinos y agentes oxidantes es en las celulosas regeneradas mucho mayor que en la celulosa nativa, a causa de la mayor longitud de las cadenas moleculares de aquellas, con lo que viene favoreciendo su solvatación y reacción. Las fibras de acetato y triacetato, por tratarse de ésteres, muestran buena solubilidad en disolventes orgánicos y poca en agua, siendo más estables que la celulosa frente a oxidantes y ácidos.

Es característico en las fibras proteínicas su naturaleza peptídica y su comportamiento anfótero, originado por la presencia simultánea en las moléculas de grupos carboxílicos y amínicos. En comparación con las fibras celulósicas, las fibras proteínicas son más sensibles a los agentes alcalinos, pero en cambio más resistentes a los ácidos.

En el punto isoelectrico, la solubilidad, imbibición y reactividad de la proteína son mínimas y la estabilidad máxima. En la lana y seda la zona isoelectrica está a pH 5-7. Al hervir en agua o al tratarlas con vapor a presión, se produce una escisión hidrolítica más o menos pronunciada según la intensidad del proceso. Los agentes oxidantes y reductores no producen apenas efecto a concentraciones bajas y condiciones de reacción suaves, pero a concentraciones más altas se produce una escisión de los puentes de disulfuro.

B) Técnica para pruebas de solubilidad: Es una técnica útil y fácil de aplicar pero con la desventaja de que consume la muestra. Para su realización se requiere únicamente un microscopio estereoscópico, portaobjetos, cubreobjetos, placas excavadas, una fuente de calor y solventes diversos.

Entre porta y cubreobjetos se coloca un pequeño fragmento de fibra, en el borde del cubreobjetos se aplica una gota del solvente y se observa la acción al microscopio. Al solvente se le permite actuar por un tiempo determinado, generalmente entre 5 y 10 minutos, después del cual, si no se ha solubilizado la muestra, se seca con un papel filtro y se procede con otro solvente. En el caso de que el solvente deba actuar en caliente, la fibra se coloca en una placa excavada y se somete a la acción del calor por un tiempo de 5 a 10 minutos, al final del cual se efectúa una nueva observación.

C) Marcha sistemática de separación e identificación de fibras: Para mayor seguridad es preferible seguir una marcha sistemática de separación e identificación, lo cual se hace siempre necesario cuando el material textil a analizar está constituido por mezcla de dos o más fibras de distinta naturaleza química. A continuación se describe una marcha de separación de los más utilizados:

1. Tratamiento en frío con acetona: Se disuelven las fibras de acetato 2 1/2, de PVC posclorado y de copolímeros de PVC, quedando insolubles todas las demás.

2. Tratando las fibras solubles en acetona con ácido acético glacial se disuelven las fibras de acetato 2 1/2 y permanecen insolubles las de PVC posclorado y copolímeros de PVC.

3. Al tratar las fibras insolubles de 2 con dioxano, se disuelven las de PVC posclorado, quedando insolubles las de los copolímeros de PVC.

4. Las fibras insolubles de 1 se ponen a ebullición con ácido acético glacial: Se disuelven las fibras de triacetato de celulosa, de poliamida y de poliuretano, quedando insolubles las demás.

5. Las fibras solubles de 4 son extraídas con una mezcla de clorometano y etanol en una proporción 9:1, con lo que se disuelven las de triacetato siendo insolubles las de poliamida y poliuretano. Al tratar estas con ciclohexanona se solubilizan las de poliuretano y permanecen insolubles las de poliamida.

6. Las fibras insolubles de 4 son extraídas con dimetilformamida. Se disuelven las fibras de PVC, acrílicas y de poliéster, y quedan insolubles las restantes.

7. Las fibras solubles de 6 se tratan en ácido sulfúrico concentrado frío, con lo que se disuelven las fibras acrílicas y de poliéster, permaneciendo insolubles las fibras de PVC. Al extraer las fibras acrílicas y de poliéster con m-cresol, se solubilizan las de poliéster y quedan insolubles las acrílicas.

8. Tratando las fibras insolubles de 6 con benceno en caliente se disuelven las fibras de polietileno y quedan insolubles las celulósicas, proteínicas y politetrafluoretileno.

9. Al tratar las fibras insolubles de 8 con hidróxido de potasio al 5% en agua a ebullición, se disuelven las fibras proteínicas, pero no las celulósicas ni las de politetrafluoretileno.

10. De las fibras proteínicas, las de seda natural se disuelven en ácido sulfúrico concentrado, mientras que las de lana y de proteínas artificiales permanecen insolubles. Estas últimas se pueden distinguir entre sí por el hecho de la lana

es soluble en caliente en hidróxido de potasio al 10% en agua (media o una hora) y las proteínas artificiales no.

D) Referencias para pruebas de solubilidad.

Después de ésta marcha de disolventes podemos haber identificado algunas fibras pero, para mayor seguridad, a continuación se detalla la disolución en determinados disolventes de cada fibra:

FIBRAS VEGETALES

=====
Contienen como componente principal la celulosa (60-90%).

ALGODON

=====
84% (C H O) + 6% hemicelulosa y pectina +
6 10 5 n

1.5% proteínas + 0.5% grasas y ceras +

1.5% cenizas y residuos + 6.5% de agua

SOLUBLE EN: Acido sulfúrico al 80% p/p en agua (Distinción de oxixelulosa, yute, cáñamo y lana).

Con solución de óxido cúprico amoniacal, el algodón en rama se disuelve con formación de esferas, dejando pocos fragmentos de la cutícula, el algodón absorbente se disuelve completamente (Distinción del acetato, yute, nailon y lana).

INSOLUBLE EN: Acido sulfúrico al 60% p/p (Distinción del rayón); ácido clorhídrico a 40°C (Distinción del acetato y nailon); solución de hidróxido de potasio al 5% (Distinción de lana y seda); ácido fórmico al 90% p/p; fenol al 90% p/p y acetona.

CANAMO

=====
Es semejante al lino.

LINO

=====
75% Celulosa + 5% Hemicelulosas y pectina +
3.5% Proteínas + 2.5% Grasas y ceras + 5% Cenizas
y residuos + 9% de agua

SOLUBLE EN: Acido sulfúrico, ácido clorhídrico o ácido nítrico concentrados. Solución de hidróxido de sodio o hidróxido de potasio concentrados.

INSOLUBLE EN: Bases diluidas.

RAMIO

=====

SOLUBLE EN: Acidos muy calientes y bases concentradas y calientes.

INSOLUBLE EN: Acidos frios.

YUTE

=====

SOLUBLE EN: Acidos.

INSOLUBLE EN: Bases.

AMIANTO

=====

Polisilicato hidratado de magnesio que tiene como unidad fundamental el tetraedro



del anión del ácido ortosilícico, cuyo centro de gravedad lo ocupa el Si^{+4} y los cuatro vértices los iones O.

INSOLUBLE EN: Acidos y bases.

LANA

=====

SOLUBLE EN: Solución hirviente de hidróxido de sodio o hidróxido de potasio al 5% en agua; m-cresol caliente.

POCO SOLUBLE EN: Acido nítrico al 70%.

NO ES SOLUBLE EN FORMA APRECIABLE EN: Acido clohídrico caliente (Diferenciación de la seda); ácido sulfúrico concentrado en frío (Diferenciación del algodón).

RESISTE BIEN (Poco tiempo): El carbonato de sodio al 2.5 - 3%.

SEDA

====

SOLUBLE EN: Solución de óxido cúprico amoniacal; ácido clorhídrico al 38% o concentrado (Distinción de la lana); ácido sulfúrico o ácido nítrico concentrados; hidróxido de sodio, hidróxido de potasio y cloro en solución; solución alcalina de sulfato de cobre y glicerina.

POCO SOLUBLE EN: Acido nítrico al 70%.

ACETATO

=====

SOLUBLE EN: Acido sulfúrico al 60% en frío; solución de hidróxido cúprico amoniacal, lentamente; ácido clorhídrico a 40°C o ácido clorhídrico al 38% en agua; fenol al 90% p/p en agua; acetona (Se hace viscoso al principio); disolventes orgánicos; ácido fórmico y ácido acético; dimetilformamida, ácido nítrico al 70% y m-cresol caliente.

POCO SOLUBLE EN: Cloroformo.

INSOLUBLE EN: Acido 5N (Distinción del nailon); hidróxido de potasio al 5%.

ALGINATO

===== Esta formado por la condensación de numerosas moléculas de ácido manurónico, unidas entre sí por enlaces Beta (1,4)-glicosídicos. Se trata, pues, de un ácido polimanurónico lineal, sin ramificaciones.

SOLUBLE EN: Solución de nitrato de cobre amoniacal y solución de citrato sódico al 5%.

INSOLUBLE EN: Acido sulfúrico al 60% p/p; ácido clorhídrico a 40°C; hidróxido de potasio al 5% en ebullición.

* 0.1 g de fibra, hervida con 5 ml de agua, permanece insoluble, pero se disuelve cuando se añade 1 ml de solución de carbonato sódico al 20% p/v en agua, hirviendo durante 1 minuto.

CELULOSA OXIDADA

=====

SOLUBLE EN: Solución de hidróxido de potasio al 5% en frío.

LIGERAMENTE SOLUBLE EN: Acido sulfúrico al 80%.

INSOLUBLE EN: Acido clorhídrico en caliente.

COBRE

=====

SOLUBLE EN: Acido nítrico o ácido sulfúrico en caliente.

FIERRO

=====

SOLUBLE EN: Acido clorhídrico o ácido sulfúrico.

ORO

===

SOLUBLE EN: Aqua regia y cianuro de potasio.

INSOLUBLE EN: Acidos.

PLATA

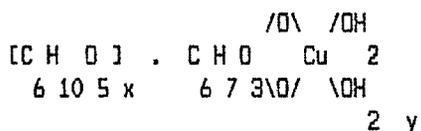
=====

SOLUBLE EN: Acido nítrico o ácido sulfúrico caliente.

INSOLUBLE EN: Alcalis.

RAYON CUPRAMONIO

=====



x: partes situadas en el interior de las cristalitas.

y: partes de las zonas amorfas y de las superficies micelares.

* La relación x:y es aproximadamente 1:14.

Semejante a la viscosa.

RAYON VISCOSA

=====

Celulosa - OH

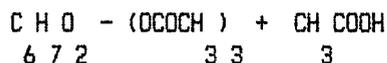
SOLUBLE EN: Acido sulfúrico al 60% en frío; ácido clorhídrico al 38%; en hidróxido cúprico amoniacal formando esferitas.

POCO SOLUBLE EN: Acido nítrico al 70%.

INSOLUBLE EN: Solución hirviente de hidróxido de potasio al 5%; acetona, ácido fórmico y fenol al 90%.

TRIACETATO

=====



SOLUBLE EN: Cloroformo, dimetilformamida, ácido nítrico al 70%, ácido sulfúrico al 69% y m-cresol caliente.

POCO SOLUBLE EN: Acetona y ácido clorhídrico al 38%.

VIDRIO

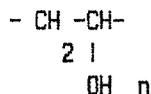
=====

Es insoluble.

* Aunque son insolubles la mayoría de los vidrios, el vidrio de silicato es rápidamente disuelto por HF, aparentemente por la formación de complejos silicofluorados en solución ácida.

FIBRAS DE ALCOHOL POLIVINILICO

=====

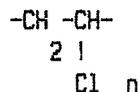


SOLUBLE EN: Acidos concentrados.

INSOLUBLE EN: Alcalis o ácidos diluidos fríos o calientes.

FIBRAS DE CLORURO DE POLIVINILO

=====



SOLUBLE EN: Cloruro de metilo, m-cresol en ebullición, ácido nítrico concentrado y anhídrido acético.

INSOLUBLE EN: Los demás ácidos y todas las bases.

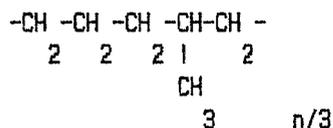
Las fibras del grupo Terylene se disuelven en una mezcla hirviente de butanol e hidracina (9:1).

Las fibras de Vestan-Kodel son solubles en una mezcla de fenol y tetracloroetano (3:2) a 100°C.

INSOLUBLE EN: Acidos minerales.

POLIETILENO

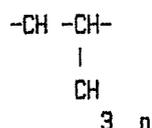
=====



INSOLUBLE EN: Acidos y bases.

POLIPROPILENO

=====

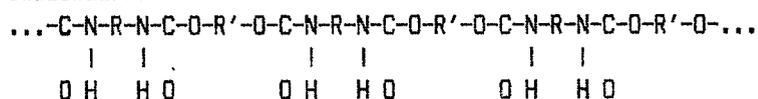


SOLUBLE EN: Acido clorosulfónico.

INSOLUBLE EN: Bases y casi todos los ácidos.

POLIURETANO

=====



SOLUBLE EN: Dimetilformamida hirviente.

Las PUR son solubles en ácido fórmico muy caliente y resisten solo bases diluidas.

Las PUE son soluble en bases fuertes y agentes clorados de blanqueo. Resisten ácidos minerales de baja concentración.

POLIVINILIDENO

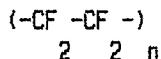
=====

SOLUBLE EN: Amoníaco muy concentrado.

RESISTE: Acidos y bases.

TETRAFLUOROPOLIETILENO

=====



INSOLUBLE EN: Acidos.

*Son atacadas por hidróxidos alcalinos en fusión y por el flúor a temperaturas altas.

3. PRUEBA DE COMBUSTION: Es una prueba destructiva que solo debe emplearse cuando se dispone de muestra abundante. Su finalidad es la de distinguir las fibras. Para la ejecución de la prueba no es aconsejable usar sólo un hilo o una porción muy pequeña de material, puesto que la combustión rápida no permite hacer observaciones precisas. Asimismo, se le debe dar una fuerte torsión a la muestra. El modo de arder, el color de la llama, el desarrollo de humo, y el olor permiten obtener conclusiones acerca de la fibra. La prueba hecha aisladamente no puede proporcionar una referencia exacta.

A) Distinción general:

- Las fibras vegetales arden limpia y rápidamente sin olor desagradable, continúan ardiendo al ser retiradas de llama y las puntas quemadas se observan afiladas.
- Las fibras animales se queman con dificultad, producen olor a azufre y los extremos se muestran engrosados en forma de masa y con inclusión de burbujas aéreas.
- Las fibras artificiales arden lentamente y las puntas se observan notablemente engrosadas.

B) Referencias para la prueba de combustión

Sin embargo, para una mejor diferenciación se dan las características de la pirólisis realizada a las fibras más importantes y diferenciables:

*FIBRAS ANIMALES

LANA

==== Se quema despacio con una llama pequeña que tiembla y con frecuencia se apaga sola. Desprende un olor a cuerno quemado. Queda ceniza con burbujas de color café que se puede pulverizar con facilidad.

SEDA

==== La seda que recibe una carga grande debido a los minerales, arde con incandescencia retardada. El residuo muestra la forma original del hilo o tejido y se puede pulverizar.

La seda que no recibe ningún peso o muy poco, arde con formación de ceniza burbujeante. Esta se puede triturar como en el caso de la lana y despiden un olor a albúmina quemada.

*FIBRAS MINERALES

AMIANTO

===== No se queman.

*FIBRAS INORGANICAS

METAL

===== No se queman.

VIDRIO

===== A la llama funden a temperaturas realmente altas, forman una bolita transparente. Por incineración producen un residuo permanente.

*FIBRAS REGENERADAS

ACETATO

===== Se quema rápidamente con llama fuerte, dando origen a un olor de vinagre caliente. Se derrite en el punto en que se quema, formando gotitas esféricas que se endurecen al solidificarse, también deja cenizas blanco-grisáceas.

ALGINATO

===== Arde en la llama y se apaga cuando se retira de ella.

CARBOXIMETILCELULOSA

===== Igual que el algodón.

CUPRAMONIO

===== Semejante a la viscosa.

TRiacetato

===== Igual que el acetato.

VISCOOSA

=====
Arden con llama fuerte y continúan incandescentes. No dejan residuos y el humo tiene olor picante aunque no tanto como el algodón.

*FIBRAS SINTETICAS

DE CLORURO DE POLIVINILO

=====
No se inflaman. Se derrite en la llama y tiende a carbonizarse y formar hollín. Durante la combustión se forma vapor de agua y gas de ácido clorhídrico venenoso, pues contiene anhídrido carbónico y hollín, que con el agua forma el ácido clorhídrico que provoca un olor picante.

POLIACRONITRILICAS

=====
Se queman y carbonizan, dejando bolitas duras y negras.

POLIAMIDAS

=====
Al acercarlas a una llama, se separan con rapidez y forman un acabeza de masa fundida. La llama se apaga si se quita la fuente de ignición. Produce residuos en forma de perla dura y negra.

POLIESTER

=====
Se vuelven parduzcas y se derriten, con tendencia a gotear y producen mucho hollín. Al quitar la llama dejan de arder. Su residuo queda en forma de perla dura y grisácea.

POLIETILENO

=====
Se queman con lentitud, como cera que se derrite.

POLIPROPILENO

=====
Como el polietileno.

POLIURETANO

=====
No se queman. La acción de la llama produce vapores que irritan las glándulas lacrimales.

POLIVINILIDENO

=====
Se derriten en la llama; sin embargo, no se encienden.

POLIVINILO

===== Se ablanda con la llama y se quema, soltando burbujas.

TETRAFLUORURO DE POLIETILENO

===== Ni las fibras ni los productos que resultan de la llama son inflamables.

II. FASE DE CONFIRMACION

Su fin es la determinación de la composición química mediante el estudio de las propiedades fisicoquímicas de la muestra. Las técnicas a emplear en esta fase comprenden:

- Reacciones de coloración
- Determinación del punto de fusión
- Determinación de la densidad
- Índice de refracción
- Análisis instrumental (Como espectrofotometria en el infrarrojo, cromatografía gas-liquido y rastreo con luz de anulación corta).

Otras pruebas de apoyo que se utilizan cuando exista duda en cuanto a la naturaleza del elemento y dependiendo de la estructura del laboratorio, se pueden estudiar:

- Características eléctricas
- Resistencia a la tracción
- Resistencia a la flexión
- Resistencia a la torsión
- Resistencia al roce o al desgaste
- Ensayos de fatiga o continuos
- Compresión y recuperación elástica y
- Elongación.

A continuación se describen las más importantes técnicas:

1. Reacciones de coloración: Comprenden pruebas sencillas que requieren sólo de un microscopio y de reactivos comunes en el laboratorio, pero son aplicables exclusivamente a fibras blancas o de colores claros.

La fibra se tiñe durante unos segundos sobre un portaobjetos y el reactivo sobrante se absorbe con papel filtro; en los casos en que se emplee un segundo reactivo, éste se aplica por el borde después de colocarse un cubreobjetos. A continuación se procede a la observación al microscopio.

A) Los reactivos más comunmente empleados son:

a) Reactivo cloroyoduro de zinc:

Solución A 20 q de cloruro de zinc en 10 ml de agua destilada.

Solución B 2.1 q de yoduro de potasio y 1 q de yodo en 5 ml de agua destilada.

b) Reactivo con mercurio:

1 ml de mercurio en 9 ml de ácido nítrico al 74% diluido con 10 ml de agua destilada.

c) Reactivo de Vetillard:

Solución de 3 q de yoduro de potasio en 60 ml de agua destilada con 1 q de yodo diluido en 10 partes de agua destilada, y una mezcla de dos volúmenes de glicerina y diez volúmenes de agua destilada con tres volúmenes de ácido sulfúrico.

Aunque existen otras muchas pruebas colorimétricas.

B) DATOS DE REFERENCIA PARA LAS REACCIONES DE COLORACION

FIBRA	R. Vetillard	R. de Hq	R. cloroyoduro/Zn
Acetato	amarillo	- - - -	amarillo (disolución)
Alginato	- - - -	- - - -	- - - - - - - - - -
Algodón	azul	- - - -	rojo violeta
Cáñamo	verde-azul	- - - -	púrpura a amarillo
Lana	amarillo	- - - -	- - - - - - - - - -
Lino	azul	- - - -	púrpura a amarillo
Modacrílicas	café	- - - -	amarillo - café
Nailon	amarillo	- - - -	amarillo - café
Poliéster	- - - - -	- - - -	- - - - - - - - - -
Ramio	azul	- - - -	- - - - - - - - - -
Rayón	azul violeta	- - -	azul violeta
Seda	café	rojo	amarillo
Yute	amarillo oscuro	- -	amarillo

OTRO DATOS MAS ESPECIFICOS DE CADA FIBRA SON:

ACETATO

===== Da coloración marrón amarillento con el yodo disuelto en ácido sulfúrico.

ALGINATO

=====
Con yodo (N/50) y ácido sulfúrico da un color rojo parduzco, los filamentos se hinchan y se disuelven dejando un hilo del ácido alginico insoluble.

Con hidróxido de potasio al 5% en ebullición se obtiene un tinte amarillo.

0.1 g de la fibra, hervido con 5 ml de agua permanece insoluble pero se disuelve cuando se añade 1 ml de solución de carbonato de sodio al 20% p/v en agua, hirviendo durante 1 minuto. Se forma un precipitado blanco de carbonato de calcio, dependiendo del alginato cálcico original presente. Cuando se centrifuga y se acidifica el líquido sobrenadante, se produce un precipitado gelatinoso de ácido alginico. El precipitado dará un color púrpura tras su disolución en hidróxido de sodio y adición de una solución ácida de sulfato férrico.

ALGODON

=====
Con fluoroqlucina y ácido clorhídrico no se tiñe de rojo.

CANAMO

=====
Con fluoroqlucina y ácido clorhídrico se tiñe ligeramente de rojo.

Con yodo en ácido sulfúrico se tiñe la membrana de azul y la laminilla media de amarillo.

LANA

====
Reacción xantoproteica, se tiñe de amarillo con 1 ml de ácido nítrico concentrado, calentando y alcalinizando con amoniaco (puede pasar a color naranja por adición del amoniaco debido a que los núcleos aromáticos que se nitran forman ácido pícrico y después del picrato de amonio por el amoniaco).

Con óxido cúprico amoniacal se colorean de azul.

Se tiñe con verde de malaquita, violeta cristal o violeta de metilo al 0.1% en agua y calentando a ebullición por dos minutos.

LINO

====
Con yodo y ácido sulfúrico se tiñe de azul a violeta.

Con fluoroqlucina y ácido clorhídrico quedan incoloras o ligeramente rosadas.

SEDA

==== Con acetato de plomo no da el precipitado negro.
Se tiñe al igual que la lana con verde de malaquita, violeta cristal o violeta de metilo.

YUTE

==== Con la fluoroqlucina y ácido sulfúrico dan color rojo intenso.
Con yodo en ácido sulfúrico dan color amarillo.

2. DETERMINACION DEL PUNTO DE FUSION: Es de utilidad sólo para el examen de fibras artificiales y cuando se dispone de una muestra abundante y se cuenta con testigos, ya que la consume.

Un pequeño fragmento de la fibra se deposita entre dos cubreobjetos y se coloca en el aparato de Fisher-Johns que permite observar directamente la acción del calor sobre la muestra examinada. El punto de fusión es la temperatura a la que se observa difusión de la fibra, cuando se ejerce una ligera presión sobre el cubreobjetos superior.

A) Puntos de fusión de las más importantes fibras artificiales

FIBRA	TEMPERATURA (°C)
Acetato	245 - 260
Triacetato	290 - 300
Poliéster	250 - 270
Poliámidas: PA 6	215 - 218
PA 6,6	250 - 260
PA 1,1	186
Poliétileno: BP	125 - 138
AP	113 - 120
Polipropileno	165 - 175
Modacrílica	180 - 210
De alcohol polivinílico	220
De cloruro de polivinilo PeCe	200 - 210
Vinyon	135 - 139
De cloruro de polivinilideno	160 - 170
Tetrafluoruro de poliatileno	400
Poliuretano (PUE)	250
Amianto: serpentina	1500 - 1550
horneblenda	1150

3. DENSIDAD ESPECIFICA: Es una técnica fácil de realizar aunque laboriosa y consiste en determinar comparativamente la densidad de una fibra frente a una mezcla de líquidos de densidad conocida y observar si la muestra flota o se hunde. Se requiere de una muy pequeña porción (1 mm) de muestra y también se puede determinar por medio de un picnómetro. Para su ejecución se precisa de un conjunto de tubos de ensayo con mezclas de diferentes densidades (intervalos de 0.05) o de una columna preparada por estratificación de una mezcla de dos líquidos en diferentes proporciones cuya densidad ha sido ajustada mediante hidrómetros (1.10, 1.15, 1.20,...). Las mezclas más comúnmente empleadas son xileno (densidad específica de 0.9) con CCl₄ (densidad específica

4

1.63), y xileno como bromoformo (densidad específica 2.88).

Cuando se utiliza el conjunto de tubos, la misma fibra es examinada en cada medio, para lo cual, antes de ser introducida en un nuevo tubo, debe ser completamente secada entre dos fragmentos de papel filtro.

A) Datos de referencia de densidades (g/cm³)

FIBRA	DENSIDAD (g/cm ³)
Abacá	1.5
Acetato	1.30 - 1.33
Algodón	1.50 - 1.55
Amianto	2.25 - 3.60
Capok	1.32 - 1.40
Cáñamo	1.48
Coco	muy reducida
De alcohol polivinílico	1.30
De cloruro de polivinilo	Darlán 1.10 Sarán 1.70 Vinyón 1.30 - 1.40
Lana	1.31.- 1.33
Lino: Crudo	1.48
Blanqueado	1.55
Poliacronitrílicas	1.17
Acrílicas	1.12 - 1.20
Modacrílicas	1.20 - 1.30
Poliamidas:	PA 6 1.14 - 1.15
	PA 6,6 1.14
	PA 1,1 1.04
Poliéster	1.22 - 1.40

Polietileno:	BP	0.95 - 0.96
	AP	0.92
Polipropileno		0.90 - 0.91
Poliuretano:	PUR	1.20
	PUE	1.15 - 1.30
Polivinilideno		1.65 - 1.75
Ramio		1.51 - 1.55
Rayón cupramonio		1.50 - 1.60
Seda		1.24 - 1.38
Sisal		1.50
Tetrafluoruro de polietileno		2.20 - 2.30
Triacetato		1.30
Yute		1.50

4. INDICE DE REFRACCION: Tiene como objetivo determinar la alteración que sufre la luz polarizada al atravesar la fibra, en base al arreglo molecular que tenga. Requiere solo de una pequeña muestra, no es destructiva pero consume mucho tiempo y requiere de instrumentación poco usual.

Para el estudio se sumerge la fibra en un líquido de índice de refracción conocido y con un refractómetro se determina la desviación que presenta la luz polarizada, vibrando en forma paralela y perpendicular al eje longitudinal de la fibra. El índice se calcula por el método de la línea de Becke. La mayoría de las fibras artificiales muestran birrefringencia, a excepción de la de vidrio y de triacetato. También se pueden identificar los gránulos de deslustrador y de pigmentos presentes.

A) Datos de referencia de índices de refracción y birrefringencia de fibras

n = en dirección longitudinal
l

n = en dirección transversal
t

$$\Delta n = n_l - n_t$$

FIBRA	INDICES DE REFRACCION		BIRREFRINGENCIA Δn
	n _l	n _t	
Algodón	1.580	1.534	0.046
Lino	1.595	1.528	0.067

Ranio	1.594	1.532	0.062
Viscosa	1.548	1.524	0.024
Acetato	1.474	1.479	0.005
Fibra de			
zeína	1.536	1.532	0.004
Poliamida	1.580	1.520	0.060
Poliacril-			
nitrilo	1.510	1.505	0.005
Poliéster	1.557	1.532	0.025
Polivinil-			
alcohol	1.547	1.502	0.045

5. ESPECTROFOTOMETRIA EN EL INFRARROJO: Es la técnica más útil para la caracterización de las fibras artificiales; sin embargo, debido al reducido tamaño de la mayoría de las muestras bajo examen forense, su aplicabilidad es limitada. Para la preparación de las muestras existen diversas técnicas y su empleo está condicionado por el tamaño de la misma:

A) Introducción directa: Es la más rápida y consiste en colocar pequeños fragmentos de la fibra entre dos capas de bromuro de potasio y así preparar la pastilla. La irregularidad en la distribución de los fragmentos en la pastilla puede solucionarse pulverizando la muestra y someténdola a homogeneización en un molino vibratorio.

B) Preparando una película de la fibra: La fibra se disuelve en el solvente adecuado sobre una placa de vidrio que puede ser sometida directamente a análisis o bien la película es desprendida del soporte y puesta frente a la ventana del espectrofotómetro. Finalmente, la película desprendida puede emplearse para la preparación de la pastilla de bromuro de potasio. El solvente empleado no debe reaccionar con la fibra y no dejar residuo durante la evaporación; en caso de no cumplirse esto último, deberá prepararse un testigo con el mismo solvente pero sin la fibra.

Los solventes más útiles son:

- Acetona: acetatos, dynel, verel.
- Cloroformo: trilón, vynión.
- Dimetilformamida caliente: dacrón, lycra, acrilán, orlón, zefrán, vycrón, tetorón.
- Dioxano caliente: sarán, rovana.
- Metacresol caliente: antrón, nailon.
- Metilsalicilato caliente: kodel.
- Tolueno: polipropileno.

C) Empleo de un solvente "universal" para la disolución:
 Se recomienda el uso de una mezcla de fenol en cloroformo (10% p/v) y aduce como ventaja el empleo directo de la fibra sin previa identificación y la obtención de mejores registros que los producidos mediante las pastillas con fragmentos de fibras.

La pastilla se prepara de la siguiente manera: Se disuelve la muestra en una placa excavada y bajo observación en el microscopio estereoscópico. Para que la disolución sea más rápida se puede pulverizar previamente la muestra con el fondo de un tubo de ensayo; el calentamiento de la placa sobre una plancha caliente ayuda a la disolución de algunas fibras. La solución se mezcla gota a gota con el bromuro de potasio el cual se pone a secar en una estufa (100°C por una hora) para evaporar el solvente. Debe prepararse un testigo con bromuro de potasio y el solvente pero sin fibra.

D) Datos de referencia para el infrarrojo

MUESTRA	ABSORCION (cm ⁻¹)
Acetato	1240, 1750, 1050, 1375
Acrilán brillante (acrílica)	1680, 2250, 1750, 1450, 1230, 1090, 2920
Dacrón (poliéster)	1700, 720, 1130, 1240, 1020, 870
Darván (vinílica)	1225, 1750, 1660, 1380, 1020, 1440, 1090, 1130, 940, 600
Dynel (modacrílica)	1450, 1700, 1360, 1220, 2900, 630, 2240, 1000, 530, 700
Fibrolane (caseína)	2900, 700, 1620, 1020, 750
Fortisan (acetato)	1050, 2900, 700, 1620, 1730
Kodel (poliéster)	730, 1720, 2920, 2850, 1110, 1270, 1020, 960, 980, 870, 600, 500
Lycra (poliuretano)	1120, 2850, 2920, 1220, 1520, 1300
Nailon 6 (poliamida)	1550, 1640, 2920, 2850, 1275, 1200, 940, 700, 680
Nailon 1,1 (poliamida)	2920, 1660, 3310, 1530, 2850, 1470, 1030
Orlón (acrílica)	1650, 1450, 2220, 1740, 2920, 1100, 1170, 660, 1250
Propilón (polipropileno)	2910, 2950, 2840, 1390, 1460, 1170, 1000, 970, 840, 810
Rayón (viscosa)	700, 3400, 2900, 1625

Rovana (vinilica)	1045, 1070, 600, 530, 660 870, 750, 1400, 1720, 2920 2850
Verel (modacrilica)	1620, 1220, 1070, 2900, 2950, 1500, 1420, 1350, 3270, 650 530
Vynión (vinilica)	1720, 1420, 2900, 3000, 2800, 600
Zefrán (acrilica)	1670, 2240, 1450, 2920, 1280

6. CROMATOGRAFIA GAS-LIQUIDO: Es una técnica rápida, sensible pero menos específica que la microscopía; tiene la ventaja que la cantidad requerida es cuando mucho 100 microgramos, se utiliza una cámara de pirólisis y columnas de acero empacadas con carbowax. Para el análisis las columnas trabajan a temperatura programada de 40-180°C.

7. RASTREO CON LUZ DE ANGULACION CORTA (SALS): Este método conocido como láser, se basa en la dispersión de la radiación electromagnética en función del arreglo molecular del objeto bajo estudio. Posee numerosas ventajas como rapidez, sensibilidad, economía y no destructiva. Emplea como fuente lumínica un láser de helio y neón que, después de atravesar la muestra imprime una placa fotográfica.

INVESTIGACION DE LAS SUSTANCIAS COLORANTES

Este punto es importante en aquellos casos en que existe una aparente semejanza entre dos tejidos que se deben estudiar comparativamente. En estos casos el empleo de luz ultravioleta, así como también la fotografía en ultravioleta o en infrarrojo permite diferenciar en muchos casos el tinte con que están teñidas las fibras.

La investigación química debe realizarse sobre muestras del colorante extraído de las fibras del tejido y clasificando enseguida según sus propiedades de tinción; posteriormente se realiza un examen cromatográfico en capa delgada tanto del problema como del testigo, así es posible efectuar una comparación directa entre los componentes de los dos colorantes sin necesidad de un estándar que ofrece problemas por diferencias de concentración.

Como referencias se dan a continuación la clasificación tintórea de los colorantes:

1. Colorantes ácidos: Son colorantes aniónicos, solubles en agua que contienen en sus moléculas grupos ácidos, como el sulfónico, carboxilo o nitro, y que, por tanto, pueden teñir las fibras con grupos básicos, como la lana, la seda y poliamidas, por la formación de sales coloreadas.

2. Colorantes básicos: Son colorantes catiónicos, solubles en agua, que contienen en sus moléculas grupos básicos, como el amino, mostrando por ello afinidad con las fibras que poseen grupos ácidos como la lana, la seda y poliácronitrilos, a las que tiñen directamente. Las fibras celulósicas son teñidas solamente por los colorantes básicos tras mordentado previo con sustancias ácidas, como por ejemplo, taninos.

3. Colorantes sustantivos: Tiñen directamente las fibras celulósicas y en parte también las proteínicas. Contienen radicales sulfonilo en forma de sal sódica, potásica o amónica. Por ser solubles en agua dan tintes de limitada solidez al lavado.

4. Colorantes sobre fibra: Son colorantes insolubles en agua que se producen por reacción química sobre la fibra misma a partir de sus componentes solubles incoloros o poco coloreados. Por ejemplo, naftol AS y ftalógenos.

5. Colorantes a la tina: Son insolubles en medio acuoso, pero por reducción se les transforma en sal soluble, la llamada "tina", con la cual se impregna la fibra, y al exponer esta al aire tiene lugar la reoxidación del colorante sobre la

fibra a su forma inicial insoluble, sólida al lavado. Algunos ejemplos son los colorantes indiqoides, antraquinoides y colorantes al azufre.

6. Colorantes de complejo metálico: Estos colorantes tienen la propiedad de formar con disoluciones de sales metálicas complejos insolubles.

7. Colorantes sobre mordiente: La fijación sobre la fibra tiene lugar por formación de una laca insoluble entre el colorante y la fibra previamente mordentada. Como mordiente se usan sales de bases débiles, que en disolución acuosa están hidrolizadas. Impregnando las fibras con la disolución de mordiente, se deposita sobre ellas el óxido metálico finamente dividido, que al tratar luego con el colorante forma la laca insoluble sólida al lavado.

8. Colorantes de pigmentación: Son sustancias insoluble que por no presentar afinidad con las fibras requieren para su fijación el empleo de aglutinantes. En las fibras sintéticas pueden también incorporarse directamente en la masa plástica de hilar.

9. Colorantes de dispersión: Son sustancias poco solubles en agua pero solubles en disolventes orgánicos, que sirven para teñir fibras artificiales y sintéticas a partir de sus suspensiones acuosas finamente divididas. La fibra extrae el colorante de la dispersión acuosa formando una disolución sólida.

10. Colorantes reactivos: Poseen en su molécula un grupo reactivo mediante el cual se unen a la fibra con enlace químico.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. A. Blümcke; Industria textil (Tomo II); Unión Tipográfica Editorial Hispano America; Primera edición en español; México (1962).
2. Barranza Coronado Rafael; El lugar del hecho; Instituto de Ciencias policiales de la República Mexicana; Lecciones XI y XII.
3. Desfassiaux Trechuelo Oscar; Teoría y práctica sobre criminalística; Editado por el Coleqio Internacional de investigación criminal ,A.C.; Segunda edición; México (1981); pqs. 201-203, 227-229.
4. Doremus R. H.; Glass Science; A. Wiley Interscience Publication; E.U.A. (1973); pqs. 245-246.
5. Earl Libby C.; Pulpa y madera (Tomo I de Ciencia y tecnología sobre pulpa y papel); Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V.; Edición original; México (1967); pqs. 70-74.
6. Fiesser L. F.; Experimentos de química orgánica; Editorial Reverte, S.A.; Edición original; España (1967); pqs. 278 - 280.
7. Gally Rosa; Teñido de lana con plantas; Arbol Editorial, S.A. de C.V.; Primera edición; México (1982); pqs. 11-16.
8. García Nieto Rogelio; Fibrología (Segunda parte); Editorial E.S.I.T. (Escuela superior de ingeniería textil); México.
9. G. Devore; Química orgánica; Publicaciones Cultural, S.A. de C.V.; Primera edición; México (1969); pqs. 212, 214, 628.
10. Horqan John J.; Investigación penal; Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V.; Edición original; México (1984); pqs. 50-53.
11. Jiménez Navarro Raúl, Dr.; Estudio criminalístico de pelos y fibras; Cuadernos del I.N.A.C.I.P.E. (#7); Primera edición; México (1981).
12. O'Hara Charles D.; An introduction to criminalistics; The McMillan Company; Third printing; E.U.A. (1956); pg. 32.

13. Paul L. Kirk, Ph. D.; Crime investigation; Interscience Publishers, Inc.; E.U.A. (1953); pgs. 116-125.
14. Perry John H. , Ph. D.; Manual del ingeniero químico (Tomo I); Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana; Edición original; México (1974); pgs. 156,160,164-165.
15. P. Martínez de las Marías; Química y física de las fibras textiles; Editorial Alhambra; Primera edición; España (1976).
16. Quiroz Cuarón Alfonso; Medicina Forense; Editorial Porrúa, S.A.; Tercera edición; México (1982); pgs. 246-253.
17. Rico M. Gerardo/ Galán Giral Angela; Pelos y fibras (Metodología científica); Cuadernos del I.N.A.C.I.P.E. (# 25); Primera edición; México (1987).
18. R. Q. Brewster/ C. A. VanDerwerf/ W.E. McEwen; Curso de química orgánica experimental; Editorial Alhambra; Edición original; España (1978); pgs. 152-153, 177,180-184.
19. Theodort Erhardt, Blümcke A. y col.; tecnología textil básica (3 tomos); Editorial Trillas; México (1980).
20. Trease G. E./ Evans W. C.; Tratado de farmacognosia; Nueva editorial Interamericana, S.A. de C.V.; Décimo segunda edición; México (1987); pgs. 769-795.
21. Villarreal Rubalcaba Homero; Apuntes de criminalística; Instituto Técnico de la Procuraduría General de Justicia del Distrito y Territorios Federales.