

**ESTUDIO DE LA TINTURA DE SEDA ORGÁNICA COLOMBIANA CON COLORANTES
CERTIFICADOS POR LA NORMA GOTS**

MELISSA FONTALVO SILVA

LAURA GONZÁLEZ ECHAVARRÍA

**UNIVERSIDAD PONTIFICA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA TEXTIL
MEDELLÍN
2013**

**ESTUDIO DE LA TINTURA DE SEDA ORGÁNICA COLOMBIANA CON COLORANTES
CERTIFICADOS POR LA NORMA GOTS**

MELISSA FONTALVO SILVA

LAURA GONZÁLEZ ECHAVARRÍA

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Textil

Director

ADRIANA RESTREPO OSORIO

Ingeniera Textil, PhD

Co-Director

CATALINA ÁLVAEZ LÓPEZ

Ingeniera Agroindustrial, PhD

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA TEXTIL

MEDELLÍN

2013

Nota de aceptación

Aprobado

Aprobado

Aprobado




Firma

Nombre: Ana Elisa Casas Botero
Presidente del jurado

María del Pilar Rivera
Firma

Nombre: María del Pilar Rivera
Jurado


Firma

Nombre: Alejandro Cuartas
Jurado

Medellín, 25 de junio de 2013.

Dedico este trabajo a Dios por darme la fortaleza y permitirme culminar esta etapa exitosamente la cual estuvo llena de dificultades y obstáculos, igualmente a mi familia por el constante apoyo y el esfuerzo conjunto para lograr mi formación como profesional.

Melissa Fontalvo Silva

Dedico este trabajo a mi papá a quien desde pequeña veía trabajar en el mundo de las telas y logro cautivar en mí ese gusto por los textiles y es quien me apoya, a mi mamá por su dedicación y amor, a mi hermanita por su comprensión, a mi novio que me alienta a seguir adelante, a toda mi familia, mis compañeros y profesores. Y ante todo a Dios que ha puesto en mi vida seres maravillosos y me da la fortaleza y sabiduría para cumplir mis metas.

Laura González Echavarría

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento especialmente a Dios por haber guiado nuestro camino, darnos la sabiduría y la fortaleza para terminar con éxito nuestros propósitos.

Un profundo agradecimiento a nuestros padres por ser nuestro ejemplo y motivación en el día a día y así contribuir a nuestro proyecto de vida.

En el presente trabajo de grado queremos agradecer a la Corporación para el desarrollo de la Sericultura del Cauca-CORSEDA y al Instituto Nacional de Tecnología Industrial-INTI de Argentina por su colaboración y apoyo en el desarrollo de este proyecto. A la UPB, al Semillero de Investigación en Textiles SI Textil y al CIDI por financiar parte de los recursos requeridos para el desarrollo de este trabajo a través del proyecto: "Aplicaciones textiles de la seda y sus subproductos", radicado: 020B-02/13-S79.

Agradecimiento a todas aquellas personas que con su constante ayuda permitieron directa o indirectamente a la realización de este proyecto, en especial a las docentes Adriana Restrepo Osorio y Catalina Álvarez López.

TABLA DE CONTENIDO

<u>RESUMEN</u>	<u>11</u>
<u>INTRODUCCIÓN</u>	<u>12</u>
<u>OBJETIVOS</u>	<u>14</u>
OBJETIVO GENERAL	14
<u>CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO</u>	<u>15</u>
1. GENERALIDADES DE LAS FIBRAS	15
1.1 HISTORIA DE LA SEDA	16
1.2 PRODUCCIÓN DE SEDA POR EL GUSANO <i>BOMBYX MORI</i>	17
1.3 ESTRUCTURA DE LA SEDA	21
1.3.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA SEDA	22
1.3.2 PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA SEDA	23
1.4 APLICACIONES	23
1.4.1 APLICACIONES DE LA FIBROÍNA	24
1.4.2 APLICACIONES DE LA SERICINA	24
1.5 PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA SEDA	25
1.6 PROCESOS QUÍMICOS DE LA SEDA	26
1.6.1 DESENGOMADO	26
1.6.2 TEÑIDO	27
1.6.3 MECANISMO DEL PROCESO DE TINTURA	28
1.7 COLORANTES	30
1.7.1 COLORANTES EXTRAÍDOS DE FUENTES NATURALES	31
1.7.2 COLORANTES SINTÉTICOS	33
1.7.3 COLORANTES CERTIFICADOS POR LA NORMA GOTS	35
<u>CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS</u>	<u>37</u>
2. MATERIALES	37
2.1 PROCESO DE TINTURA	37
2.1.1 LAVADO	37

2.1.2 TEÑIDO	38
2.2 PRUEBAS DE CARACTERIZACIÓN	39
2.2.1 SOLIDEZ DEL COLOR AL FROTE	40
2.2.2 SOLIDEZ DEL COLOR AL SUDOR ALCALINO Y ÁCIDO	40
2.2.3 SOLIDEZ DEL COLOR A LA LUZ	42
2.2.4 SOLIDEZ DEL COLOR AL LAVADO	43
<u>CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS</u>	44
3.1 TEÑIDO	44
3.2 PRUEBAS DE CARACTERIZACIÓN	45
3.2.1 SOLIDEZ A LA LUZ	45
3.2.2 SOLIDEZ AL SUDOR	45
3.2.3 SOLIDEZ AL LAVADO	46
3.2.4 SOLIDEZ AL FROTE	47
<u>CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	48
4.1 CONCLUSIONES	48
4.2 RECOMENDACIONES	49
<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	50
<u>ANEXOS</u>	55

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Cadena proteica	16
Figura 2. Gusano de seda <i>Bombyx mori</i>	18
Figura 3. Huevo y nacimiento de las larvas	18
Figura 4. Planta de morera	19
Figura 5. Crecimiento de las larvas	19
Figura 6. Coloración de los capullos.....	20
Figura 7. Mariposa.....	20
Figura 8. Esquema de la fibra de seda.....	22
Figura 9. Micrografía SEM de la fibra de seda	22
Figura 10. <i>Film</i> de fibroína.....	24
Figura 11. Diagrama del mecanismo en el proceso de teñido	29
Figura 12. Curva de teñido de la seda con colorantes naturales, adaptación	32
Figura 13. Reacción del proceso de teñido de la seda en medio ácido.....	34
Figura 14. Curva de lavado	37
Figura 15. Curva de teñido con colorantes certificados GOTS.....	38
Figura 16. Solidez al frote.....	40
Figura 17. Equipos de solidez al sudor.....	42
Figura 18. Tintura de seda con colorantes Erionyl® y Tectilon® al 3%.....	44

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de las fibras naturales	15
Tabla 2. Composición típica de aminoácidos presentes en la fibroína y la sericina expresado en porcentaje.....	21
Tabla 3. Características de los colorantes	34
Tabla 4. Criterios de la normativa GOTS	35
Tabla 5. Estructura química de los colorantes Erionyl®	36
Tabla 6. Estructura química de los colorantes Tectilon®	36
Tabla 7. Ensayos a efectuar de acuerdo a la normativa GOTS	39
Tabla 8. Solidez a la luz	45
Tabla 9. Solidez al sudor	46
Tabla 10. Solidez al lavado	46
Tabla 11. Solidez al frote	47

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A	55
ANEXO B	60
ANEXO C	65
ANEXO D	73
ANEXO E	77
ANEXO F	85

RESUMEN

Dada la relación Universidad-Empresa entre la Universidad Pontificia Bolivariana-UPB y la Corporación para el Desarrollo de la Sericultura del Cauca-CORSEDA, el presente trabajo busca validar un protocolo de tintura de seda natural con colorantes ácidos certificados GOTS (*Global Organic Textile Standard*) Erionyl® y Tectilon®, de acuerdo al proceso típico de teñido empleado en CORSEDA. Una vez teñidas las muestras se evalúan según los parámetros de calidad requeridos por la norma GOTS.

CORSEDA obtiene recientemente la certificación GOTS para algunos de sus productos, con miras a su comercialización internacional en mercados ecológicos. Por esta razón requieren implementar en su proceso de tintura, nuevos colorantes que les permita cumplir la normativa. Desde la facultad de Ingeniería Textil se apoya este proceso validando el protocolo y determinando la calidad de los textiles teñidos con dichos colorantes. Por tal motivo, en esta investigación se plantea una metodología de teñido para seda 100% orgánica, se elabora una carta de colores para los textiles teñidos con los colorantes certificados GOTS con su respectiva numeración, de acuerdo al sistema PANTONE. Finalmente, las muestras teñidas son caracterizadas evaluando las solidez del color a la luz, al frote, al lavado y al sudor.

De las evaluaciones realizadas se concluye que con el protocolo de tintura empleado, la seda orgánica y los colorantes certificados GOTS tipo Erionyl® y Tectilon®, es posible alcanzar los estándares requeridos por la norma. Además, de estos resultados se desprenden algunos tópicos susceptibles de mejoras para el proceso productivo del teñido de la seda orgánica.

Palabras Clave: GOTS, tintura, solidez, color, seda.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las empresas textiles tienen interés en disminuir su impacto hacia el medio ambiente, razón por la cual están en la búsqueda de implementar estrategias tales como disminuir el consumo de agua y de energía, reducir las emisiones atmosféricas y el empleo de sustancias químicas tóxicas.

La fabricación de textiles involucra distintos procesos. Se inicia con la producción de la materia prima, luego se hila la fibra, se teje, y por último se efectúan los procesos de teñido y acabados. El teñido es uno de los procesos húmedos donde se emplea gran cantidad de agua, variedad de colorantes y auxiliares químicos que en algunos casos son contaminantes y son desechados a las aguas residuales.

Las aguas residuales de estos procesos se caracterizan por una alta demanda de oxígeno, tanto química como biológica, altas temperaturas, variaciones de pH, entre otras. Por esto, algunas alternativas para disminuir los impactos ambientales negativos, es la reutilización de las aguas residuales, los procesos de tintura con colorantes ecológicos y el uso de nuevas normativas.

La certificación GOTS es una norma que define los requerimientos para asegurar la condición orgánica de los productos textiles. Esto incluye la obtención de la materia prima, la cual debe estar elaborada al menos con un 70% de fibra orgánica. La producción responsable con el medio ambiente, donde los productos químicos empleados deben cumplir requisitos básicos en cuanto a toxicidad, biodegradabilidad y eliminación. Responsabilidad con el medio social, donde el trabajo no debe ser forzado, no debe existir trabajo infantil, las condiciones laborales deben ser seguras e higiénicas, se debe asegurar el salario mínimo legal, no debe excederse el horario laboral y debe garantizarse un empleo regular. También se incluyen condiciones de empaque, etiquetado, comercialización y distribución de textiles (1).

En Colombia, durante el primer semestre del 2012 se le otorgó dicha certificación CORSEDA. Esta Corporación se dedicada a la producción y comercialización de seda natural, incluyendo la cría del gusano, la transformación del capullo en hilos y tejidos, el proceso de teñido y la comercialización de prendas de vestir, textiles para el hogar e higiene, entre otros (2). Así como CORSEDA, cualquier empresa que se certifique con la norma GOTS debe evaluar qué tipos de productos y auxiliares químicos son los más indicados según sus procesos productivos y los requerimientos de la normativa.

La finalidad de este trabajo es validar un protocolo de tintura con colorantes certificados por la norma GOTS, elaborar una carta de color y evaluar las condiciones de calidad de la seda orgánica teñida con los colorantes antes mencionados, mediante ensayos de solidez al color en hilos y tejidos, de acuerdo con lo estipulado por la normativa GOTS.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el proceso de tintura de la seda natural elaborada por CORSEDA con colorantes GOTS para obtener productos con sello orgánico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Validar una curva de teñido para seda natural con colorantes ecológicos, elaborando con las condiciones obtenidas una carta de colores.
- Elaborar protocolos de ensayo de solidez de acuerdo a los requerimientos de la norma GOTS.
- Determinar las solidez de los colorantes ácidos ERYONYL® y TECTILON® en seda natural para garantizar el cumplimiento de la norma GOTS.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

1. GENERALIDADES DE LAS FIBRAS

Las fibras son unidades de materia que se caracterizan por su flexibilidad, finura y longitud superior en relación al diámetro. Su propósito principal es la fabricación de textiles. Las fibras según su origen se clasifican en naturales y sintéticas, las primeras son obtenidas a partir de los vegetales, minerales y animales (ver Tabla 1), mientras que las sintéticas son aquellas fabricadas por el hombre (3).

Tabla 1. Clasificación de las fibras naturales

Fibras naturales	
Vegetales	Hoja Sisal, abacá, fique, banano
	Fruto Coco
	Semilla Algodón, kapok
	Tallo Lino, cáñamo, yute, ramio
Animales	Glándulas sedosas Seda, Tela de araña
	Folículos pilosos Oveja, alpaca, llama, vicuña
Minerales	Asbesto, amianto

Las fibras de origen animal están constituidas por cadenas proteicas, como se observa en la Figura 1, y tienen como característica la presencia de grupos funcionales aminos y ácidos carboxílicos. Las fibras provienen de los folículos pilosos de algunos animales como las ovejas, el guanaco, la vicuña, la llama, entre otros, y de las secreciones de las glándulas sedosas de algunos artrópodos, como es el caso del gusano de seda *Bombyx mori*.

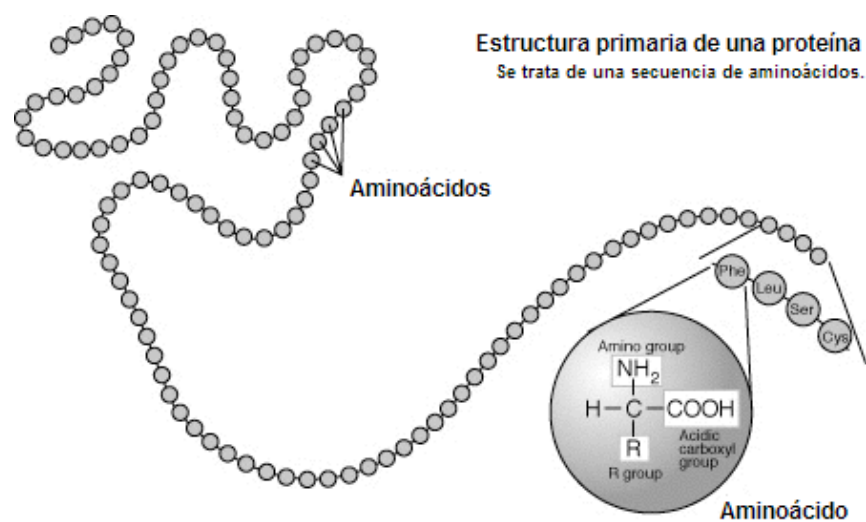


Figura 1. Cadena proteica (4)

1.1 HISTORIA DE LA SEDA

La seda es una fibra antigua, sus orígenes se sitúan en China y su producción comenzó con la cría del gusano hace más de 5000 años, luego se introdujo en India. Posteriormente la producción se extendió en todo el continente Asiático, para después establecerse en Europa (5). La sericultura llega a América Latina en la época de la colonia, con gran intermitencia, hasta que en la década de los años 1970 y 1980 se consolidan la mayoría de los proyectos productivos que existen en la actualidad (6)(7).

En Colombia, alrededor de la década de 1980, se comienzan iniciativas formales de invertir en la sericultura, convirtiéndose en una de las opciones de diversificación para los caficultores nacionales(8), a partir de lo cual se determinó que las tierras cafeteras tienen el clima adecuado para la siembra de morera, alimento del gusano de seda. Es por esto que la actividad serícola en el país se ha concentrado en los departamentos cafeteros como Caldas, Risaralda, Quindío, Cauca y Valle del Cauca (7)(9).

Las tierras sembradas de morera para el año 1990 se calculaban en 400 mil ha, divididas en pequeñas parcelas de tierra donde los campesinos incorporan su mano de obra y la de su familia para el desarrollo del cultivo (6). La principal ventaja de los procesos serícolas en Colombia, respecto a los países asiáticos, es que se puede criar el gusano de seda durante todo el año, porque el clima proporciona los medios y las condiciones adecuadas, de manera que esta actividad puede generar ingresos constantes para los sericultores.

En la actualidad, uno de los proyectos serícolas vigente en Colombia es liderado por CORSEDA. Esta Corporación busca la competitividad con los productos que ofrecen, empleando técnicas y métodos para el mejoramiento continuo de sus procesos.

1.2 PRODUCCIÓN DE SEDA POR EL GUSANO *BOMBYX MORI*

El gusano *Bombyx mori* (ver Figura 2) es un insecto de la clase lepidóptero perteneciente a la familia *Bombycidae*, el cual durante su metamorfosis produce un capullo constituido por un fino hilo de seda y presenta cuatro etapas de ciclo biológico: huevo, larva, crisálida y mariposa. Para su correcto desarrollo, el gusano requiere de condiciones ambientales y una alimentación específica, lo cual influye en la cantidad y calidad de la seda.

A continuación, se presenta una breve descripción de cada una de las etapas, antes mencionadas:

✓ Huevos

Los huevos tienen una densidad mayor que el agua, son pequeños, livianos y ovalados, con 1,3 mm de longitud, 1 mm de ancho y 0,5 mm de espesor (Ver Figura 3). Los huevos son incubados a una temperatura de 24-25 °C durante 10 a 15 días (10).

✓ **Larvas**

La eclosión de los huevos da origen a la larva del gusano de seda, el cual tiene una longitud de 3 mm, con un aspecto similar al de una hormiga pequeña de color negro o café oscuro. La cabeza es relativamente grande y su cuerpo está cubierto con pelos (ver Figura 3) (10).



Figura 2. Gusano de seda Bombyx mori



Figura 3. Huevo y nacimiento de las larvas (11)

El crecimiento de la larva es rápido, se alimentan de hojas frescas de morera (*Morus sp*) (ver Figura 4). En un período de 30 días incrementa hasta 900 veces su peso y 600 veces su volumen (ver Figura 5) (10).



Figura 4. Planta de morera



Figura 5. Crecimiento de las larvas

✓ **Crisálida**

La duración de esta etapa es de 15 días, es un período de grandes cambios. El gusano de seda deja de comer y empieza a hilar para formar su capullo segregando una baba, la cual al estar en contacto con el aire se transforma en el filamento de seda, el cual mediante forma el capullo mediante un movimiento con su cabeza. La coloración de los capullos es variada, se pueden encontrar blancos, amarillos, verdosos, rosados, entre otros (ver Figura 6) (9).



Figura 6. Coloración de los capullos (12)

✓ **Mariposa**

Una vez formado el capullo el gusano empieza su metamorfosis en mariposa (ver Figura 7). Los sericultores interrumpen esta etapa, porque cuando el gusano se transforma a mariposa emite un líquido transparente que degrada la fibra y perfora el capullo, dañando la calidad del filamento de seda. Esta etapa solo se debe llevar a cabo para que la mariposa copule y produzca nuevos huevos. Esta mariposa se caracteriza por no poder volar ni alimentarse, y tiene una vida útil de 3 a 5 días (9).



Figura 7. Mariposa

1.3 ESTRUCTURA DE LA SEDA

La fibra de seda se compone en un 97% de proteínas, el restante 3% son ceras, carbohidratos, pigmentos y compuestos inorgánicos. Las proteínas en la fibra de seda son aproximadamente 75% fibroína ($C_{15}H_{23}N_5O_6$) y 25% sericina ($C_{15}H_{25}N_5O_8$) (13)(14). La fibroína y la sericina están a su vez compuestas por diversos aminoácidos tal como se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición típica de aminoácidos presentes en la fibroína y la sericina expresado en porcentaje (15)

Aminoácidos (%)	Fibroína	Sericina
Glicina	44,5	14,7
Alanina	29,3	4,3
Serina	12,1	37,3
Tirosina	5,2	2,6
Valina	2,2	3,6
Ácido aspártico	1,6	14,8
Ácido glutámico	1	3,4
Treonina	0,9	8,7
Isoleucina	0,7	0,7

Aminoácidos (%)	Fibroína	Sericina
Fenilalanina	0,6	0,3
Leucina	0,5	1,4
Arginina	0,5	3,6
Lisina	0,3	2,4
Prolina	0,3	0,7
Histidina	0,2	1,2
Metionina	0,1	-
Triptófano	0,2	-
Cistina	0,04	0,1

La fibroína es una estructura lineal altamente orientada y cristalina, es la proteína estructural de la seda. Por su parte, la sericina es un pegamento proteico parcialmente hidrosoluble y de estructura globular, y sirve para unir las fibras entre sí (16). Cada gusano excreta dos filamentos de fibroína simultáneamente, que unidos por la sericina constituyen la fibra (ver Figuras 8 y 9) y forman el capullo (17)(18).

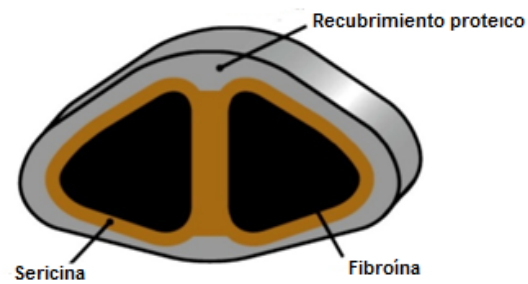


Figura 8. Esquema de la fibra de seda (17)



Figura 9. Micrografía SEM de la fibra de seda (18)

1.3.1 Propiedades físicas de la seda

Entre las fibras textiles naturales, la seda se destaca por sus particulares propiedades, por ejemplo su higroscopia. En condiciones estándar tiene un *regain* cerca al 11%. Es capaz de absorber hasta el 30% de su peso de agua sin generar sensación de humedad, lo que la hace comfortable en contacto con la piel (19). Sus propiedades tensiles son superiores a la mayoría de las fibras naturales y comparables con fibras sintéticas de alto desempeño como el Kevlar®, la seda tiene una tenacidad de 3,5 a 5 g/den y una elongación de 17-25% (20)(21).

La sección transversal de la seda es triangular con esquinas redondeadas (ver Figura 8), esto le proporciona una excelente capacidad de reflexión de la luz, razón por la cual se considera una fibra

lustrosa. Cada filamento mide de 5 a 10 μm de ancho y puede alcanzar una longitud hasta de 1600 m, por lo que se le considera un microfilamento (19).

1.3.2 Propiedades químicas de la seda

La seda contiene dos grupos reactivos principales, los amino ($-\text{NH}_2$) y los carboxílicos ($-\text{COOH}$). Es una fibra anfótera, con un punto isoeléctrico cerca a $\text{pH} \sim 5$ (22). En esta condición su carga es neutra, y por debajo de este pH presenta un carácter catiónico (23), por lo cual existen metodologías adecuadas para teñirla con diferentes tipos de colorantes.

La seda es resistente a la mayoría de los ácidos minerales a excepción del ácido sulfúrico, mientras que es sensible a medios alcalinos ($\text{pH} > 9$). Es soluble en disolventes como bromuro de litio acuoso, ácidos fosfóricos y soluciones de cupramonio; y tiene baja resistencia a los agentes oxidantes fuertes como el hipoclorito de sodio y el cloro (24).

La seda es mala conductora de la electricidad y por lo tanto susceptible a almacenar electricidad estática. Tiene una baja conductividad térmica, su temperatura de transición vítrea es $\sim 175^\circ\text{C}$, y su degradación térmica se encuentra cerca de 250°C . Tolerar procesos hasta 150°C como el planchado, y no admite temperaturas altas en el lavado (25). Es una fibra que se quema con dificultad y cuando es puesta en contacto directo con la llama se produce un glóbulo de materia negra carbonizada, y despiden un olor parecido al de la lana.

1.4 APLICACIONES

Gracias a sus diversas propiedades, la seda como fibra se emplea principalmente en la industria del vestuario, se utiliza también como seda dental, hilos de sutura y en el desarrollo de materiales compuestos (26). Mientras que, de manera individual las dos proteínas que componen este

filamento, la fibroína y la sericina tienen diferentes usos, algunos de los cuales se mencionan a continuación.

1.4.1 Aplicaciones de la fibroína

La fibroína es un biopolímero con aplicaciones en la ingeniería de tejidos médicos y medicina regenerativa. Una de sus formas de presentación es en *film* (ver Figura 10), se emplea por sus propiedades mecánicas, morfología controlable y por su reactividad química, lo que permite la adhesión de todo tipo de moléculas bioactivas (27).



Figura 10. *Film* de fibroína (28)

Lo anterior, convierte a la fibroína en un sustrato ideal para el crecimiento y diferenciación de células humanas. Se caracteriza por no presentar ningún tipo de rechazo ni respuesta inflamatoria en los tejidos, además es un material biodegradable que permite una mejor consolidación de los tejidos, huesos, ligamentos y cartílagos (29).

1.4.2 Aplicaciones de la sericina

La sericina por su parte, tiene aplicaciones en medicina, farmacéutica, cosméticos y como aditivo alimentario debido, entre otras razones, a sus propiedades como la capacidad gelificante, la retención de humedad y la adherencia a la piel (28). Así mismo, la sericina tiene una alta actividad

antibacterial, antioxidante y antimicótica, ayudando a inhibir el crecimiento de microorganismos productores de numerosas enfermedades (30).

Los materiales y compuestos de sericina se emplean en biomateriales para la elaboración de lentes de contacto, materiales biomédicos y polímeros para la formación de artículos tales como membranas orgánicas, fibras y tejidos (31).

1.5 PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA SEDA

Para obtener la fibra de seda se debe iniciar eliminando la borra presente en el capullo, la cual representa ~1,5% del peso, y es formada cuando el gusano se encuentra construyendo la primera capa del capullo. El proceso de extracción de la borra se realiza de forma manual, tomando cada capullo y eliminando la capa exterior. También existen procedimientos mecánicos que facilitan esta tarea. Posteriormente, se realiza un pre-cocido de los capullos con agua a ebullición que sirve para sofocar la pupa deteniendo su ciclo biológico del gusano, limpiar el capullo de impurezas, ablandar el hilo de seda y dar inicio con el proceso de devanado (9).

El devanado es la extracción de la fibra que conforma el capullo. Durante este proceso la sericina se ablanda y se obtiene fácilmente el hilo de seda. La temperatura del proceso es una variable importante; si ésta es baja es difícil encontrar las puntas del hilo y devanar, mientras que, cuando es alta, los porcentajes de ruptura se incrementan. La fibra obtenida a partir de este proceso se denomina seda cruda.

Del proceso de devanado se obtienen subproductos como crisálidas secas, que puede utilizarse para alimentación animal, también quedan restos de seda no devanados que son utilizados para elaborar hilos de seda burdos o de baja calidad, denominados chapé (9).

La seda devanada se obtiene en madejas, las cuales se reubican en bobinas con el objetivo de aumentar la longitud y facilitar los procesos siguientes. Para ello se coloca la seda en un bobinador que realiza el proceso inverso al devanado, hasta completar la longitud deseada. Finalmente, se realiza el retorcido de los hilos, donde el número de torsiones depende de la aplicación final del hilo que se desea obtener.

1.6 PROCESOS QUÍMICOS DE LA SEDA

Una vez obtenido el hilo de seda se realizan diversos procesos químicos en función de su uso final, los cuales se describen a continuación.

1.6.1 Desengomado

Previo a los procesos de tintura y otros acabados químicos, se debe realizar una preparación de la fibra, conocida como desengomado. Con este proceso se remueve la sericina, las grasas y los demás contaminantes naturales o adquiridos durante el proceso de obtención de la seda.

El desengomado es un proceso de preparación que se realiza para eliminar la sericina presente en la fibra. Industrialmente es posible desengomar la seda en madejas, hilos o tejidos. La remoción total o parcial de la sericina depende del uso final de las fibras. Por ejemplo, en procesos de tinturase requiere una exhaustiva remoción de la sericina para la aplicación de colores claros y brillantes (32), mientras que para la elaboración de tejidos muy livianos como los tipo organza, es recomendable mantener una pequeña cantidad de sericina, la cual aporta resistencia a los hilos (19).

Tradicionalmente, el proceso de desengomado se lleva a cabo con jabón neutro basado en aceites vegetales, como el jabón de Marsella (19), o en Colombia el jabón de coco (33). La solución jabonosa se basifica ligeramente con bicarbonato de sodio y se lleva junto con la seda a ebullición durante un tiempo aproximado de 90 min (34).

Diversos métodos de desengomado son objeto de estudio y aplicación, con miras a preservar las características de la seda y de la sericina, o a causar un menor impacto en el medio ambiente. Se han estudiado métodos de desengomado solo con agua caliente (35)(36) con la asistencia de autoclaves o de microondas (37). También se encuentran reportes de procesos de desengomado con enzimas tipo proteasas (34)(38)(39), y basados en medios ácidos (40)(41).

En los procesos de desengomado de la seda, las variables a tener en cuenta son: la concentración del jabón, el ácido, el álcali o la enzima que se emplea; la temperatura, el tiempo y el pH del baño (42)(43). Si estas variables no se controlan pueden generar un aspecto y tacto no deseado en las muestras, obteniendo un desengomado parcial y posteriormente un teñido irregular.

1.6.2 Teñido

El proceso de teñido consiste en aplicar color sobre una fibra, distribuirlo uniformemente a través de la misma y fijarlo adecuadamente. Este proceso se basa en la propiedad de algunas moléculas orgánicas de retener la luz en una determinada longitud de onda del espectro visible (44).

El teñido de la seda a nivel industrial suele realizarse en hilo, pero es posible teñir las telas o prendas terminadas, e incluso los capullos antes de los procesos de transformación. En el proceso de tintura, adicional a la preparación de la seda, son relevantes las variables que se enuncian a continuación:

- ✓ **Dureza del agua:** se refiere a la cantidad de un conjunto de cationes, especialmente de Ca^{2+} y Mg^{2+} presentes en el agua que será empleada para el teñido y otros procesos textiles. Es importante conocer y adecuar la dureza del agua, puesto que valores altos de dureza puede interferir en el proceso de tintura disminuyendo la interacción colorante-fibra (44).
- ✓ **Relación de baño:** es la relación que existe entre la cantidad de material a teñir y el baño utilizado. Tiene influencia directa en la absorción y adsorción del colorante en la fibra. Se emplean

típicamente relaciones de baño de 1:40, 1:30, 1:20 y 1:10, dependiendo del tipo de maquinaria o sistema de teñido disponible (44).

- ✓ **Temperatura:** esta variable es de gran importancia en la fijación del colorante en la fibra. En el proceso de tintura de la seda la temperatura ideal oscila entre 85-90 °C (45).
- ✓ **Tiempo:** igual que la temperatura, está relacionada directamente con la fijación del colorante en la fibra. En el proceso de la seda el tiempo ideal oscila entre 60-120 min (45).
- ✓ **pH** (potencial de Hidrógeno): se usa para determinar la alcalinidad o acidez de una solución. Los valores adecuados para la tintura de la seda oscilan entre 4-5 (46), dado que en condiciones ácidas los grupos aminos son protonados ($-\text{NH}_3^+$) y de esta forma son más reactivos con los grupos funcionales de los colorantes, especialmente con los colorantes ácidos. El pH influenciará en la calidad del teñido obtenido.
- ✓ **Auxiliares:** los productos auxiliares aseguran la estabilidad, ya sea del sustrato textil o del colorante durante el proceso de tintura. En el caso de la seda se usan auxiliares tales como humectantes, fijadores, mordientes y otros (47). Para el teñido de la seda con colorantes naturales, los mordientes usados pueden ser ácido acético, ácido cítrico, piedra lumbre, entre otros. Los mordientes y los fijadores intervienen en el proceso de fijación del colorante en la fibra.

1.6.3 Mecanismo del proceso de tintura

El proceso de teñido involucra cuatro etapas fundamentales a tener en cuenta cada una de las cuales tienen unas variables específicas tal como se indica en la Figura 11.

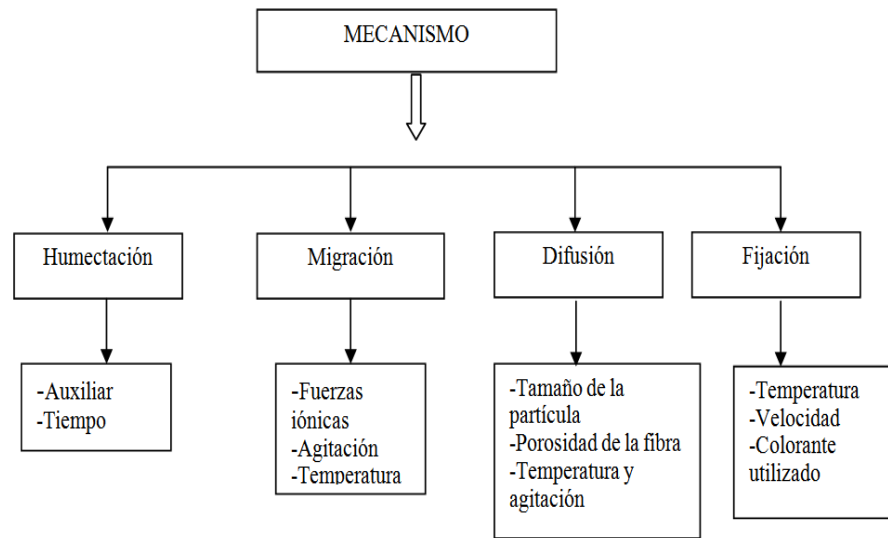


Figura 11. Diagrama del mecanismo en el proceso de teñido (44)

- ✓ **Humectación:** proceso en el cual se produce un hinchamiento de la fibra con el fin de facilitar la penetración del colorante. Se realiza con un humectante, y su función es disminuir la energía superficial del sustrato (44).
- ✓ **Migración:** es la etapa donde la materia colorante que se encuentra en dilución en el baño, comienza a moverse hacia la superficie del textil (44). La migración está controlada por:
 - Las fuerzas iónicas: ocurren entre la fibra, el colorante y el auxiliar. Primero interactúa el auxiliar con la fibra, segundo el colorante y la fibra, debido a las atracciones iónicas.
 - El pH del baño: a mayor pH menor será la migración.
 - La temperatura: una elevada temperatura y agitación constante, favorecen una mayor migración del color.
- ✓ **Difusión:** es la penetración de los colorantes al interior de la fibra (44). La difusión está controlada por:
 - El tamaño de partícula de los colorantes: a menor tamaño mayor es la difusión.
 - La porosidad de la fibra: a mayor porosidad, mayor es la difusión del colorante.

- La temperatura y agitación: al aumentar estas variables existe mayor difusión.
- ✓ **Fijación:** es la adherencia de las moléculas del colorante en el interior de la fibra (44). La fijación depende de:
 - Temperatura: a mayor temperatura mayor fijación, esta no se debe elevar rápidamente porque puede causar teñidos irregulares.
 - Velocidad de difusión: aumenta con la temperatura y con el pH del baño.
 - Colorante: para cada colorante existe una zona de pH máximo del cual dependerá la fijación.

1.7 COLORANTES

Los colorantes son sustancias capaces de absorber determinadas longitudes de onda del espectro visible. Son compuestos químicos constituidos por un grupo cromóforo el cual confiere color a la molécula y un grupo auxocromo que otorga la capacidad de disociarse electrolíticamente formando sales. Este último grupo facilita la unión del colorante a otras sustancias con carga eléctrica (46).

Los colorantes para la tintura de la seda, independiente de su origen, deben tener la capacidad de penetrar en la fibra y fijarse adecuadamente en ésta. Actualmente, adicional a los requerimientos de calidad, se busca que los procesos de tintura generen un menor impacto en el medio ambiente. Por esta razón, existe un creciente interés industrial e investigativo por los colorantes orgánicos y los certificados por normas de producción orgánica como la GOTS.

A continuación, se mencionan algunos aspectos relevantes de los colorantes usados para el teñido de la seda.

1.7.1 Colorantes extraídos de fuentes naturales

Los colorantes naturales se definen como aquellos productos de origen natural, que una vez aislados son capaces de impartir color a un sustrato. En el mundo textil los colorantes naturales son de especial interés para su uso en fibras de origen natural, en pro de obtener un producto final no tóxico y amigable con el medio ambiente (22)(48). Muchas firmas comerciales de colorantes sintéticos han desarrollado en los últimos años colorantes naturales para textiles y los comercializan a gran escala (49).

Los principales desarrollos de colorantes naturales para la tintura de la seda a escala industrial y artesanal, se centran en los de origen vegetal, dada su gran disponibilidad. Para esto se aprovechan hojas, cortezas, raíces (25)(50), e incluso residuos de los procesos productivos agroindustriales (51)(52). También, se encuentran reportes del empleo de insectos como fuente para la obtención de colorantes para la seda, especialmente la cochinilla (*Dactylopius coccus*) (53).

En Colombia, se emplean a nivel artesanal algunos colorantes naturales para teñir seda, provenientes principalmente de plantas. Se obtienen de acuerdo a la disponibilidad de especies vegetales en la zona en la que se realice la actividad serícola. Por ejemplo, en el Cauca es común el uso de plantas como el nacedero (*Trichanthera gigantea*), el nogal (*Juglans regia*), el guayacán (*Fabeburacrhyantha*), residuos de café, e incluso las hojas de la morera (*Morus sp*) (33).

Una de las debilidades de los colorantes naturales, comparados con los sintéticos, es que pueden presentar bajas solidez. Para mejorar su desempeño en el uso final, se hace indispensable el empleo de mordientes, los cuales promueven la afinidad del colorante y la fibra, mejorando la fijación (22). Adicional a los efectos en la calidad del teñido, el empleo de diferentes tipos de mordientes permite obtener distintas coloraciones de la seda a partir de un mismo tinte natural (54), lo que puede ser una ventaja con miras a obtener una mayor gama de colores.

Algunos de los mordientes empleados en el procesamiento de la seda con colorantes naturales son sales, como: sulfato de cobre, dicromato de potasio, sulfato de hierro, sulfato ferroso y alumbre (22)(26). Estos son empleados usualmente en procesos artesanales en Colombia (33), sin embargo, se buscan otras opciones para reemplazar especialmente los mordientes que incluyen metales pesados y van en contra del carácter ambiental del teñido con colorantes naturales. Se encuentran reportes del uso de mordientes provenientes de fuentes naturales como hongos (55) o plantas (56), así como el uso algunos ácidos (13), entre otros.

El proceso de mordentado de la seda puede llevarse a cabo antes (premordentado), simultáneamente (mordentado) o posterior al proceso de teñido (postmordentado) (22), algunos estudios revelan que existe una tendencia en mejorar la retención del color al emplear el mordentado simultáneamente con la tintura (56). En la Figura 12 se esquematiza un procedimiento general para el teñido de seda con colorantes naturales con mordentado.

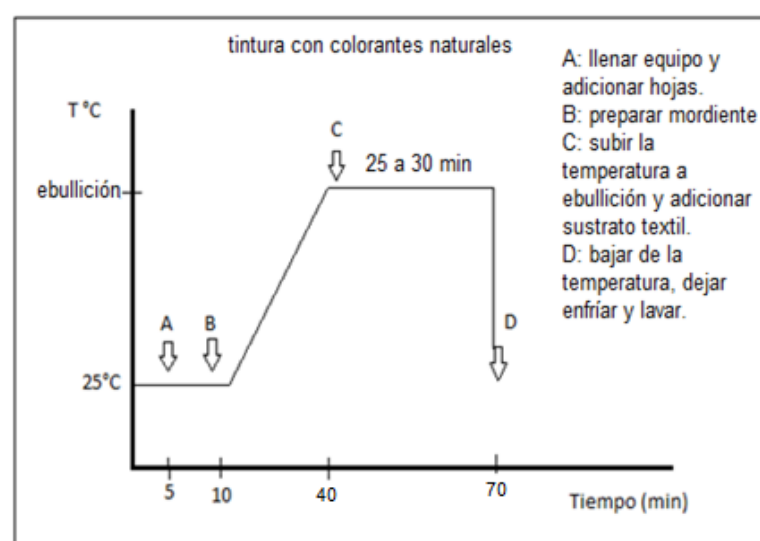


Figura 12. Curva de teñido de la seda con colorantes naturales, adaptación (26)

1.7.2 Colorantes sintéticos

Los colorantes sintéticos son desarrollados de acuerdo a las características de la fibra a teñir, y muchos de ellos provienen de fuentes petroquímicas. A nivel industrial, los colorantes sintéticos ácidos y los reactivos son los más empleados en los procesos tintóreos de la seda, dada su afinidad por la fibra, reproducibilidad y altas solideces. A continuación se presenta un resumen de las características de dichos colorantes.

1.7.2.1 Colorantes ácidos

Estos colorantes se usan para teñir sustratos en medios ácidos, para lograr el pH requerido se emplea ácido fórmico o acético. La mayoría de estos colorantes se caracterizan por tener en su estructura al menos un grupo sulfonato $-\text{SO}_3^-$ asociado al sodio Na^+ . Lo que le permite solubilizarse en los baños de tintura y reaccionar por medio de interacciones iónicas con fibras, que en condiciones ácidas adquieren cargas positivas, como es el caso de la lana, la seda o las poliamidas (57).

Estos colorantes se unen a las fibras mediante fuerzas polares formando sales, apoyados por medio de enlaces de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals o enlaces iónicos. Esta reacción ocurre en medio ácido (HX) (ver Figura 13), donde los cationes de la fibra están disponibles para los aniones del ácido. Luego se disocian los aniones del colorante (D^-), los cuales al entrar en contacto con el sustrato permiten que migren los aniones del ácido y entran los del colorante. Lo anterior se lleva a cabo porque los aniones del colorante, al ser moléculas más grandes, se unen con la fibra mediante una difusión lenta de mayor afinidad con ésta que la de los aniones del ácido (58).

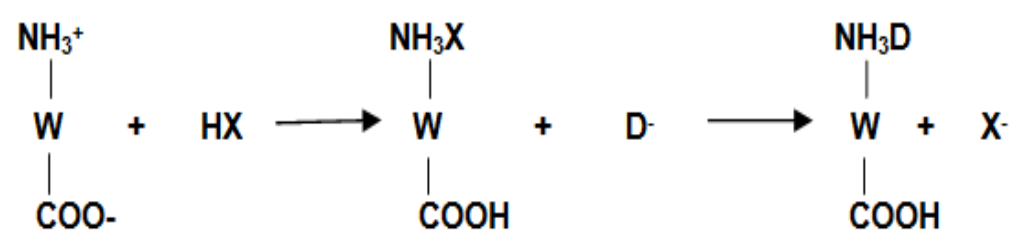


Figura 13. Reacción del proceso de teñido de la seda en medio ácido

Los colorantes ácidos son solubles en agua y se clasifican de acuerdo a su comportamiento tintóreo, el pH de teñido, la capacidad de migración y su solidez (14). De acuerdo, al comportamiento tintóreo los colorantes para el teñido de la seda se clasifican como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3. Características de los colorantes (14)

	Colorantes en baño fuertemente ácido	Colorantes en baño levemente ácido	Colorantes en baño ácido
Ácido	Sulfúrico	Acético	Acético o NH ₄ ⁺
pH del baño	2-4	4-6	5-7
Migración	Alta	Moderada	Baja
Solubilidad	Alta	Moderada	Baja

1.7.2.2 Colorantes reactivos

Los colorantes reactivos son productos solubles en agua, que se caracterizan por sus tonos vivos y brillantes, facilidad de aplicación y amplia gama de colores, por esta razón son muy usados en la industria textil. Estos colorantes se emplean para el teñido de la seda porque se logra un alto agotamiento del baño, la tintura se realiza en medio ácido o neutro, los colorantes se fijan al tejido mediante la formación de enlaces covalentes, haciéndolos resistentes al lavado y otorgando buenas solidez (32).

1.7.3 Colorantes certificados por la norma GOTS

Los colorantes certificados por la norma GOTS se caracterizan por tener un menor impacto en el medio ambiente comparado con otros colorantes, gracias a que son producidos con un mínimo consumo de energía y agua, y no generan residuos contaminantes en las aguas residuales del proceso de tintura (1). Además, cumplen con los requisitos que dicha normativa estipula para colorantes, insumos químicos y auxiliares, de acuerdo con criterios medio ambientales y toxicológicos que se indican en la Tabla 4.

Tabla 4. Criterios de la normativa GOTS (1)

Tipo de sustancia	Criterio	Tipo de sustancia	Criterio
Solventes aromáticos	Prohibidos	Metales pesados	Prohibidos
Agentes complejantes y surfactantes	Prohibidos	Compuestos de amonio cuaternario	Prohibidos
Fluorocarbonos	Prohibidos	Plastificantes	Prohibidos
Insumos que tengan asignadas específicas frases de riesgo relacionadas a peligros ambientales	Prohibidos	Insumos que tengan asignadas específicas frases de riesgo relacionadas a peligros en la salud	Prohibidos
Solventes Halogenados	Prohibidos	Formaldehído	Prohibidos

Desde el punto de vista químico, los colorantes ácidos certificados por la norma GOTS Erionyl® y Tectilon®, tienen grupos cromóforos azoicos (N=N) mono o bis, con los cuales se obtienen tonalidades amarillas, naranjas y rojas, y por grupos antraquinónicos con los cuales se logran tonos azules y verdes (59). En la estructura de estos colorantes pueden identificarse los grupos

auxocromos -OH, -NH₂, -S, entre los que se destacan las sulfonamidas y los sulfonatos. En las Tablas 5 y 6 se presentan las estructuras químicas de los colorantes empleados en el presente trabajo.

Tabla 5. Estructura química de los colorantes Erionyl® (60)

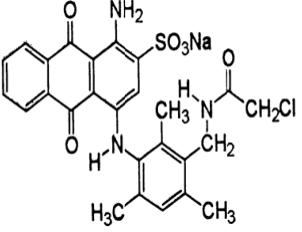
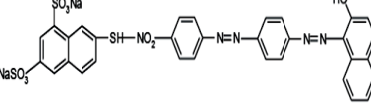
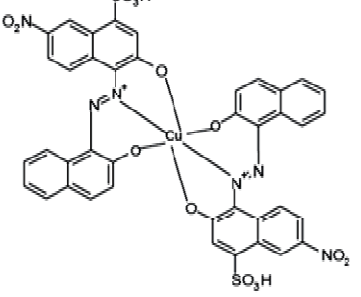
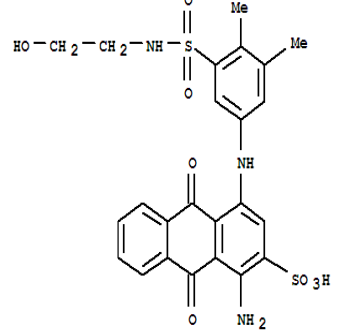
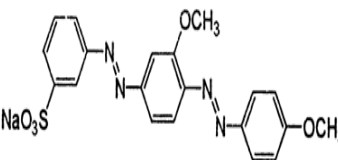
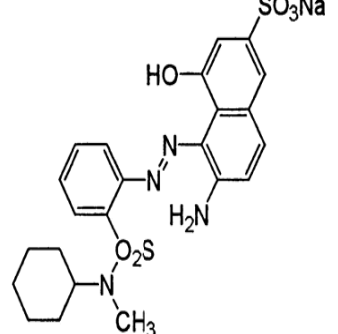
		
Azul Erionyl®	Rojo Erionyl®	Turquesa Erionyl®

Tabla 6. Estructura química de los colorantes Tectilon® (61)

		
Azul Tectilon®	Amarillo Tectilon®	Rojo Tectilon®

CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS

2. MATERIALES

Los procesos de tintura fueron realizados sobre hilos de título 733 tex y tejidos tipo tafetán con 144,45 g/m², elaborados con seda natural, y previamente desengomados. Las muestras fueron donadas por CORSEDA. Se utilizaron colorantes Erionyl® y Tectilon® de Huntsman y auxiliares químicos como humectante Reclolina MRN y ácido cítrico marca Químicos JM S.A como acidulante.

2.1 PROCESO DE TINTURA

2.1.1 Lavado

Se realizó un lavado previo a las muestras con el objetivo de remover las impurezas. Este proceso fue llevado a cabo con 2 g de hilo o tejidos según el caso, con una relación de baño 1:20, en un equipo de tintura Ahiba IR. Se utilizaron 0,5 g/L de humectante durante 10 min a una temperatura de 40 °C, empleando una curva de lavado como la que se presenta en la Figura 14.

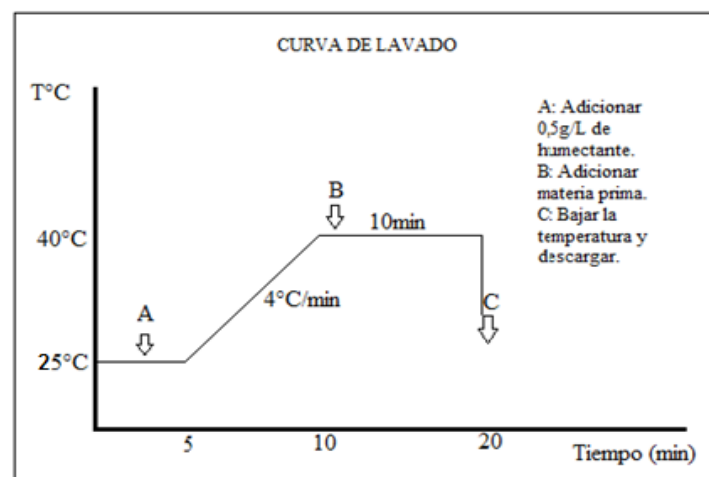


Figura 14. Curva de lavado

2.1.2 Teñido

El teñido se realizó con una relación de baño 1:20 a temperatura ambiente. Se adicionaron 0,5 g/L del humectante junto con las muestras. Cuando la temperatura alcanzó los 40 °C se adicionó el colorante en concentraciones de 0,01, 0,05, 0,1, 0.3 % respecto al peso de la fibra y se dejó por un tiempo de 5 min, se esperó hasta que la temperatura alcanzó 90 °C y se adicionaron 2 g/L del ácido para obtener un pH 4,5. El proceso de teñido en estas condiciones se mantiene durante 1 h para asegurar la reacción entre el colorante y el ácido. La Figura 15 muestra la curva utilizada.

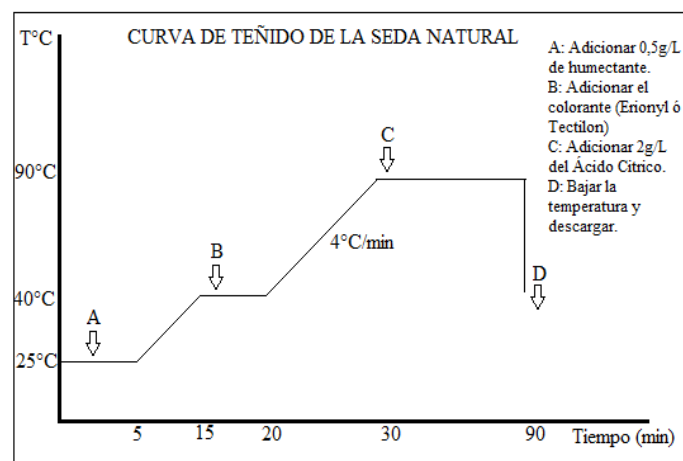


Figura 15. Curva de teñido con colorantes certificados GOTS

Empleando este protocolo de teñido, se realizó la carta de color. Para su elaboración, se emplearon hilos y los colorantes amarillo, azul y rojo Tectilon® y Erionyl® de este último también se usó el color turquesa. Se realizó el teñido de los textiles con dicromías elaboradas con colorantes Erionyl® y Tectilon® respectivamente, con el objetivo de obtener tonalidades verdes, naranjas y violetas. Por último, para los ensayos de caracterización se seleccionaron los hilos teñidos con la dicromía de color violeta a una concentración del 3%.

2.2 PRUEBAS DE CARACTERIZACIÓN

Una propiedad a estudiar en los textiles es la solidez del color. Mediante esta prueba se establece la resistencia que presenta la muestra a cambiar su coloración y a perder la intensidad, luego de ser sometida a agentes externos. Este procedimiento se realiza a nivel de laboratorio, simulando condiciones reales de uso donde se combinan el efecto de la temperatura, la humedad, la acción del sol, y otros.

Existen normas de solidez elaboradas por organismos de diferentes países como: E.E.U.U (AATCC), Colombia (NTC), Venezuela (COVENIN), y Argentina (IRAM). Sin embargo, la norma ISO (*International Organization for Standardization*) establece los estándares para facilitar el comercio internacional y es la utilizada por la normativa GOTS para evaluar la calidad de los productos que desean obtener dicha certificación.

La norma GOTS, indica los ensayos que se deben efectuar a los textiles teñidos y el rango de resultados que éstos deben tener, como se observa en la Tabla 7:

Tabla 7. Ensayos a efectuar de acuerdo a la normativa GOTS (1)

Parámetro	Criterio	Método de análisis
Solidez al frote seco	3-4	ISO 105X 12
Solidez al frote húmedo	2	ISO 105X 12
Solidez al sudor alcalino y ácido	3-4	ISO 105 E04
Solidez a la luz	3-4	ISO 105 B02
Solidez al lavado	3-4	ISO 105 C06

2.2.1 Solidez del color al frote

La solidez al frote es un ensayo donde se evalúa la transferencia de color de una tela a otra adyacente por rozamiento (ver Figura 16). El frote se evalúa en seco y húmedo, en sentido de la urdimbre y la trama. Para el ensayo de frote húmedo se humedece un testigo de algodón hasta un porcentaje de absorción del $65\pm 5\%$ con agua destilada. Luego, mediante una comparación con la escala de grises de 1 a 5, se efectúa la evaluación de los tejidos, donde 5 indica que no hubo ninguna transferencia de color (ver Anexo A) (62).

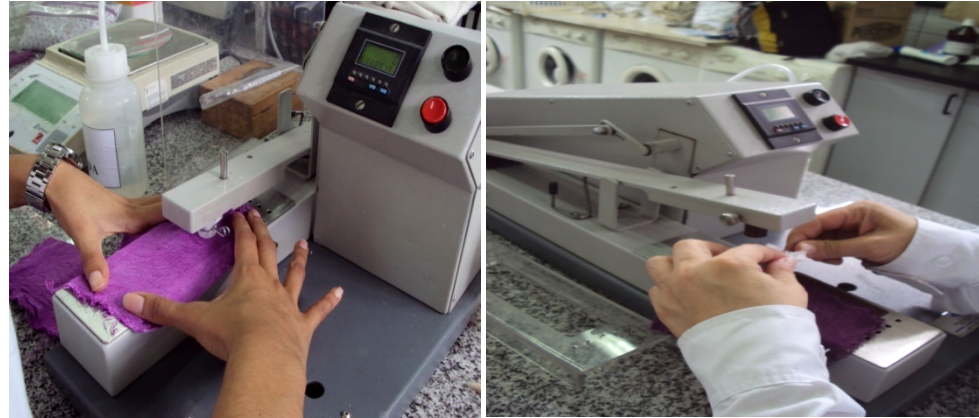


Figura 16. Solidez al frote

- ✓ Equipo: crockmeter, James H. Heal & Co. Ltd.
- ✓ Testigos cuadrados de algodón: $0,26\text{g/m}^2$
- ✓ Tela de ensayo: seda de 5 cm x 13 cm
- ✓ Número de ciclos: 10
- ✓ Evaluación: escala de grises en cámara de luces

2.2.2 Solidez del color al sudor alcalino y ácido

Para realizar el ensayo de solidez del color al sudor, las muestras se cosen junto al testigo multifibra. Luego, se prepara una solución como se presenta a continuación. Esta solución simula la transpiración ácida o alcalina, respectivamente.

Solución de transpiración alcalina:

- ✓ 0,5 g/L de clorhidrato de L-histidina monohidratado ($C_6H_9O_2N_3.HCl.H_2O$)
- ✓ 5 g/L de cloruro de sodio
- ✓ 5 g/L de hidrógeno fosfato de disodiododecahidratado ($Na_2HPO_4.12H_2O$)
- ✓ Hidróxido de sodio 0,1 N

Solución de transpiración ácida:

- ✓ 0,5g/L de clorhidrato de L-histidina monohidratado ($C_6H_9O_2N_3.HCl.H_2O$)
- ✓ 5g/L de cloruro de sodio (NaCl)
- ✓ 2,2 g/L de hidrógeno fosfato de sodiodihidratado ($NaH_2PO_4.2H_2O$)
- ✓ Hidróxido de sodio 0,1 N

Después de preparar las soluciones se mide el pH. La solución de transpiración alcalina debe tener un pH 8 y la ácida un pH 5,5. Se ajustan los pH de las soluciones para alcanzar el pH requerido con hidróxido de sodio 0,1 N. Las muestras se mantienen dentro de la solución durante un período de 30 min y posteriormente se llevan al perspirómetro, separándolas a través de placas (ver Figura 17). Una vez se ubica la última placa, se adiciona un peso de 4,54 kg para inmovilizar y ejercer presión. Inmediatamente, se quita el peso y el perspirómetro es llevado al horno durante 4 h a una temperatura de 37 °C (ver Figura 16 y Anexo B). Después, se evalúa el cambio y la transferencia del color con la escala de grises en una cámara de luces (63).



(a)

(b)

Figura 17. Equipos de solidez al sudor

a.Perspirómetro b.Horno de secado

- ✓ Equipo: perspirómetro. James. H. Heal & Co. Ltd
- ✓ Testigos multifibra: S.D.C multifibre test fabric, con bandas de acetato, algodón, Nylon 6.6, poliéster, acrílico y lana
- ✓ Tela de ensayo: seda de 6 cm x 6 cm
- ✓ Horno de secado
- ✓ Balanza
- ✓ Medidor de pH
- ✓ Escala de grises para manchado (transferencia de color)
- ✓ Escala de grises para cambio de color
- ✓ Cámara de luces

2.2.3 Solidez del color a la luz

En este ensayo las muestras se exponen a una fuente de luz artificial que representa la luz natural del día (D_{65}), junto con la escala de azules, la cual está conformada por 8 bandas patrón de telas de lana, que abarcan desde el índice de solidez 1 (muy baja solidez a la luz) hasta el 8 (alta solidez a la luz). Este proceso se realizó durante un tiempo de 24 h, para posteriormente evaluar las muestras en una cámara de luces (ver Anexo C) (64).

- ✓ Equipo: Xenotest® Alpha+con lámpara de arcode xenón
- ✓ Escala de azules
- ✓ Cámara de luces

2.2.4 Solidez del color al lavado

La solidez al lavado determina la resistencia de una muestra a la pérdida de color a lo largo de sucesivos procesos de lavados. En esta prueba se evalúa la permanencia del color y la transferencia a otros tejidos. El procedimiento consistió en colocar las muestras con un detergente, y unas bolas de acero inoxidable por un tiempo de 30 min, en el equipo (ver Anexo D). Luego, se evaluó con la escala de grises cada una de las muestras en una cámara de luces (65).

- ✓ Equipo: Gyrowash, James. H. Heal & Co. Ltd
- ✓ Detergente sintético: 150 mL ECE 4 g/L
- ✓ Testigo multifibra: S.D.C multifibre test fabric con bandas de acetato, algodón, Nylon 6.6, poliéster, acrílico y lana
- ✓ Tela de ensayo: seda 10 cm x 4 cm
- ✓ Temperatura: 40 °C
- ✓ Contenedores de acero inoxidable
- ✓ Bolas de acero inoxidable de 6 mm de diámetro: 10
- ✓ Escala de grises para evaluar el cambio de color
- ✓ Escala de grises para manchado (transferencia del color)
- ✓ Cámara de luces

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 TEÑIDO

Las muestras teñidas con los colorante Erionyl® y Tectilon® seleccionadas para realizar los ensayos de caracterización fueron las teñidas con la dicromía violeta al 3%, como se muestran en la Figura 18. Se escogió esta dicromía a consideración personal, teniendo en cuenta que el violeta es un color que presenta un menor comportamiento en los diferentes tipos de solideces y muestra mayor cambio con la temperatura, y al 3% porque entre las concentraciones teñidas es la mayor, así se hace más notorio el cambio o la transferencia de color a otros testigos, al momento de efectuar los ensayos de caracterización.

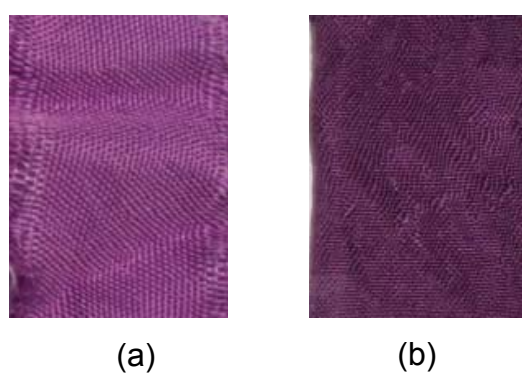


Figura 18. Tintura de seda con colorantes Erionyl® y Tectilon® al 3%.
a. Erionyl® Violeta **b.** Tectilon® Violeta

Todos los colorantes empleados dan como resultado tonalidades y matices brillantes, logrando la obtención de tonos iguales con repetitividad. La metodología de teñido proporciona herramientas básicas para obtener variedad de colores (ver Anexo E).

3.2 PRUEBAS DE CARACTERIZACIÓN

De los ensayos realizados se obtuvieron los siguientes resultados.

3.2.1 Solidez a la luz

Los resultados de solidez a la luz se presentan en la Tabla 8. El valor para la muestra teñida con la dicromía violeta Tectilon® es ligeramente mayor a los resultados obtenidos con el Erionyl®

Tabla 8. Solidez a la luz

Muestra	Escala de azules
Erionyl®Violeta	3
Tectilon®Violeta	4/5

La solidez a la luz está determinada por la estructura molecular de cada colorante. En el caso del Erionyl® y el Tectilon®, la presencia de grupos insaturados y aromáticos disminuye la resistencia a la luz, mientras que la presencia de grupos alifáticos y cíclicos saturados aumenta esta propiedad. Esto explica porqué la muestra teñida con el colorante Erionyl® presenta menor solidez, debido a que en su estructura química hay una cantidad mayor de compuestos insaturados y aromáticos, lo que le proporciona al tejido teñido con estos colorantes una mayor sensibilidad a la oxidación fotoquímica (66).

3.2.2 Solidez al sudor

Los resultados obtenidos en la prueba de solidez al sudor en la evaluación del cambio de color para las muestras teñidas con Erionyl® y Tectilon® presentan resultados iguales y satisfactorios. Se obtuvieron resultados adecuados para la transferencia del color con la solución de sudor ácido, mientras que en la solución alcalina la muestra teñida con el colorante Tectilon® presenta transferencia de color a los testigos de poliamida y lana. Los resultados se muestran en la Tabla 9.

El colorante Tectilon® presenta grupos funcionales sulfonatos y sulfonamida, los cuales en medio alcalino desfavorecen la reactividad de estos colorantes con la seda, por lo tanto se transfiere color a las fibras más afines, en este caso el nylon y la lana. Mientras que en el medio ácido estos grupos funcionales son altamente reactivos con la seda y no se presenta esta migración (67)

Tabla 9. Solidez al sudor

Muestra	Transpiración	Cambio de color	Transferencia del color					
			AC	ALG	PA	PES	ACR	Lana
Erionyl® Violeta	Solución ácida	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
	Solución alcalina	4/5	4/5	4	4	4/5	4	4
Tectilon® Violeta	Solución ácida	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
	Solución alcalina	4/5	4/5	4	3	4	4/5	3

3.2.3 Solidez al lavado

En este ensayo se presentó una transferencia moderada de color al testigo de algodón en ambas muestras teñidas. Adicionalmente, el Tectilon® transfirió a los testigos de lana y poliamida. En la muestra teñida con el colorante Erionyl® se observó un cambio de color significativo, mientras que las muestras teñidas con Tectilon® presentaron un mejor comportamiento, debido a que no se evidenció un cambio de color significativo. A continuación se muestran los resultados en la Tabla 10.

Tabla 10. Solidez al lavado

Muestra	Cambio de color	Transferencia del color					
		AC	ALG	PA	PES	ACR	Lana
Erionyl® Violeta	3/4	4/5	3/4	4/5	4/5	4/5	4/5
Tectilon® Violeta	4/5	4/5	3	3/4	4/5	4/5	3

Se presenta una mayor transferencia en las muestras teñidas con el colorante Tectilon® porque las moléculas de estos colorantes son pequeñas en comparación con las del Erionyl®. Esto se debe al tamaño de los aniones del colorante, los cuales son capaces de difundirse fácilmente en la fibra. Los poros de las fibras al estar en contacto con el agua caliente se hinchan permitiendo un teñido uniforme y que los aniones del colorante entren y salgan de la fibra ocasionando una migración y transferencia del colorante a los testigos más afines la lana, el algodón y la poliamida (68).

3.2.4 Solidez al frote

En Tabla 11 se presentan los resultados de la solidez al frote, los cuales fueron satisfactorios tanto en el frote seco y húmedo en el sentido de la urdimbre como de la trama, respectivamente para las muestras teñidas con ambos colorantes.

Tabla 11. Solidez al frote

Muestra	Frote			
	Húmedo Urdimbre	Seco Urdimbre	Húmedo Trama	Seco Trama
Erionyl® Violeta	4/5	4/5	4/5	4/5
Tectilon® Violeta	4/5	4/5	4/5	4/5

Los resultados de la solidez al frote para las dos muestras fueron similares. El resultado obtenido muestra que la transferencia de color hacia los testigos de algodón es satisfactoria para ambos colorantes de acuerdo a la escala de grises, la cual se evalúa de 1 a 5, donde 5 indica que no hay transferencia o cambio de color y 1 indica lo contrario.

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

En este trabajo se emplearon colorantes ácidos comerciales certificados GOTS, simulando condiciones semi-industriales de teñido, obteniendo hilos y tejidos con buenas tonalidades y matices brillantes, así como una fácil reproducibilidad del color. Además, la carta de color elaboradora fue donada a CORSEDA en la cual se incluye un sistema de control, mediante la numeración del color por el sistema PANTONE y así se constituye en una herramienta que permite la reproducción de los tonos para la Corporación.

Los resultados obtenidos de las pruebas efectuadas demuestran que existen ligeras diferencias de las solidez obtenidas para los textiles de seda teñidos con colorantes Erionyl® y Tectilon®, las cuales pueden atribuirse a la estructura química de cada uno de ellos. Los colorante Tectilon® tienen buena solidez a la luz, pero su solidez al lavado es baja de acuerdo con la escala de grises para la transferencia del color. Por otro lado, el colorante Erionyl® presenta mejor respuesta a la solidez al lavado, al sudor ácido y alcalino. Ambos colorantes alcanzaron una buena respuesta en el ensayo de solidez al frote.

En todos los casos los colorantes utilizados presentan un óptimo desempeño en cuanto a las exigencias de calidad que se requieren para los mercados de productos textiles certificados por la norma GOTS, sin embargo, para mejorar algunos resultados de los ensayos, sería beneficioso modificar las metodologías de tintura de acuerdo a las características de cada colorante investigado.

4.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda complementar los resultados obtenidos con una prueba de espectrofotometría U.V para determinar el colorante residual del baño de tintura.

Con miras a obtener un mejor rendimiento en el ensayo de solidez del color al lavado del colorante Tectilon®, se recomienda estudiar una metodología de tintura que se realice a pH más bajos en el baño. En este mismo contexto es viable un análisis del teñido de la seda con diferentes ácidos orgánicos e inorgánicos para luego evaluar la solidez mediante ensayos de caracterización, y determinar cuál proporciona los mejores resultados.

Para complementar este trabajo de grado, se recomienda efectuar ensayos mecánicos a los sustratos teñidos para determinar cómo el pH, la temperatura y el tipo de colorante afectan la calidad de los tejidos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Global Organic Textile Standard . [En línea] 2012. <http://www.global-standard.org/>.
2. corseda. corseda. [En línea] [Citado el: 11 de septiembre de 2012.] www.corseda.com.
3. Pérez, Omar. *Cinética y extracción de colorantes naturales para la industria textil*. Puebla : Tesis de grado para optar el título en maestría en ciencias, Universidad de las Américas. Escuela de ingeniería. Facultad de ingeniería química y alimentos., 2001.
4. Evolución Molecular. Introducción (I). Proteínas. Las piezas del reloj. [En línea] 2013. [Citado el: 26 de mayo de 2013.] lacienciaysudemonios.com.
5. Canales, Carmen. Guías de mejoras técnicas disponibles en España del sector textil. s.l., España : Secretaria general técnica, 2004.
6. Toro, Ana Carolina y Londoño, Catalina. *Estudio de la estabilidad térmica del aceite de crisálida del gusano Bombyx mori linn*. Pereira : Tesis de grado para optar el título de tecnólogo químico. Universidad Tecnológica de Pereira. Escuela de tecnología química. Facultad de tecnología., 2007.
7. Vieites, Carlos M., Basso, Claudio y Zunini, Hernán. *Aporte a la comprensión de la situación de la Sericultura en la Argentina y en Latinoamérica*. s.l. : INTI-imprensa, 2010.
8. Calle, Marco Antonio Valencia. Blog de la Institución Educativa San Antonio de Padua de Timbio, Cauca. [En línea] 2007. <http://timbio.blogspot.com/2007/05/la-historia-de-la-seda-en-timbio-y.html> .
9. Cifuentes, Cesar Augusto y Sohn, Kee. *Manual técnico de la sericultura: cultivo de la morera y cria del gusano de seda en el trópico*. s.l. : Fondo editorial de Risaralda., 1998.
10. Pescio, Francisco, y otros. *Sericultura: Manual para la producción*. s.l. : INTI, 2008.
11. Alba, Vicente de. Gusanos de seda. [En línea] 2013. <http://gusanosedas.blogspot.com/p/ciclo-biologico.html> .
12. Blogspot. [En línea] 2013. [Citado el: 29 de mayo de 2013.] gusanosedascrevi.blogspot.com.
13. *Studies on dyeing of silk yarn with Lac dye: Effects of mordants and dyeing conditions*. Kongkachuichaya, Paisan, Shitangkoonb, Aroonsiri y Chinwongam, Nontalee. 1, s.l. : Science Asia, 2002, Vol. 28, págs. 161-166.
14. *A comparative study on silk dyeing with acid dye and reactive dye*. Uddin, Koushic y Hossain, Sonia. 6, 2010, International Journal of Engineering & Technology, Vol. 10, págs. 21-26.
15. *The silk proteins, sericin and fibroin in silkworm, Bombyx mori Linn*. Mondal, Mintu, Trivedy, Kanika y Kumar, Nirmal. 2, 2007, Caspian J. Env. Sci, Vol. 5, págs. 63-76.
16. *The silk proteins, sericin and fibroin in silkworm, Bombyxmori Linn*. Mondal, M., Trivedy, K y Kumar, Nirmal. 2, 2007, Caspian Journal of Environmental Sciences, Vol. 5, págs. 63-76.

17. *Polymeric materials based on silk proteins*. Hardy, J., Römer, L y Scheibel, T. 20, s.l. : Polyme, 2008, Vol. 49, págs. 4309–4327.
18. *Usos médicos de la seda. Investigación y ciencia*. Elices, M, y otros.1, 2011, Vol. 419, págs. 28-35.
19. *In Silk, mohair, cashmere and other luxury fibres: Silk*. Currie, R. s.l. : Inland: Woodhead, 2001.
20. *Tunable Silk: Using Microfluidics to Fabricate Silk Fibers with Controllable Properties* . Kinahan, M, y otros. 5, 2011, Biomacromolecules, Vol. 12, págs. 1504–1511.
21. *Spider and mulberry silkworm silks as compatible biomaterials*. Hakimi, Osnat, y otros, y otros. 3, 2007, Composites , Vol. 38, págs. 324–337.
22. Samanta, Ashis Kumar y Konar, Adwaita. *Dyeing of Textiles with Natural Dyes: Natural dyes*. s.l. : Emriye Akcakoca Kumbasar, 2011.
23. Bellini, P, y otros. *Reference books of textile technology: finishing*. s.l. : ACIMIT Foundation (3ra. Ed.), 2002.
24. Needles, Howard L. *Textile fibers, dyes, finishes and process a concise guide*. s.l. : Noyes publication, 1986.
25. Matsumoto, A, y otros. *Handbook of fiber chemistry*. s.l. : Taylor y Francis group, 2007.
26. Martinez, Laura, Álvarez, Horacio y del Val, Susana. *Teñido de seda con colorantes naturales*. s.l. : Contexto, 2009.
27. José Luis Cenis. *La seda como biomaterial en medicina regenerativa*. [En línea] 2009. http://www.um.es/eubacteria/seda_medicina.pdf.
28. *Silk sericin and its Applications*. Padamwar, MN y Pawar, AP. 4, Journal of scientific y industrial research, Vol. 63, págs. 323-329.
29. *Silk-based biomaterials: Production, Proccesing and Application*. Freddi, Giuliano. Milan : Research and Innovation in the Textile Clothing Technical Textiles Industry, 2009.
30. *The use of sericin as an antioxidant and antimicrobial for polluted air treatment*. Sarovart, Sara, y otros. 3, 2003, Red. Adv. Mater.Sci, Vol. 5, pág. 193 198.
31. *Applications of natural silk protein sericin in biomaterials*. Zhang, Yu-Qing. 2, 2002, Biotechnol, Vol. 20, págs. 91-100.
32. *Influencia del tipo de desgomado en el comportamiento tintóreo de la seda*. Riva, Juan, Prieta, Maria y Neznakomova, Margarita. 119, 2001, Boletín Intexter (U.P.C), Vol. 114, págs. 27-34.
33. Collazo, Luz, Cruz, Ricardina y Mosquera, Alicia. *Artesanas de CORSEDA*. [entrev.] Laura González. Popayan, septiembre de 2011.
34. *Degumming of silk using protease enzyme from bacilluspecies*. Rinsey, V.A y Karpagam Chinnammal, S. 1, 2012, InternationalJournal of Science and Nature, Vol. 3, págs. 51-59.
35. *Interfacial bonding and degumming effects on silk fibre/polymer biocomposites*. Ho, Mei-po, y otros. 7, 2012, Composites, Vol. 43, pág. 2801 2812.

36. *Refining hot-water extracted silk sericin by ethanol-induced precipitation*. Oh, Hanjin, y otros. 1, International Journal of Biological Macromolecules, Vol. 48, págs. 32-37.
37. *Silk Degumming using microwave irradiation as an environmentally friendly surface modification method*. Mahmoodi, Niyaz Mohammad, y otros. 2, 2010, Fibers and Polymers, Vol. 11, págs. 234-240.
38. *Degumming of silk fabric with several proteases*. Freddi, Giuliano, Mossotti, Raffaella y Innocenti, Riccardo. 1, 2003, Journal of biotechnology, Vol. 106, págs. 101-112.
39. *Papain Enzymatic Degumming of Thai Bombyx mori Silk Fibers*. Nakpathom, Monthon, Somboon, Buppha y Narumol, Nootsara. 1, 2009, Journal of Microscopy Society of Thailand, Vol. 23, págs. 142-146.
40. *Physical properties and dyeability of silk fibers degummed with citric acid*. Khan, Majibur Rahman, y otros, y otros. 21, 2010, Bioresource Technology, Vol. 101, págs. 8439-8445.
41. *Degumming of silk fabrics with tartaric acid*. Freddi, Giuliano, Allera, Giulia y Candiani, Guido. 7, 2008, Coloration technology, Vol. 112, págs. 191-195.
42. *A review on chemical processing of silk*. Gautam, Mitra, y otros. 2, 2009, Colourage, Vol. 56, págs. 48-52.
43. *Study on effect of proteolytic enzyme degumming on dyeing of silk*. Krishnaveni, Miss. 8, 2010, Colourage, Vol. 57, págs. 61-69.
44. Ramirez, Cazarez. *Optimización en el proceso de tintura y acabado de tejidos poliéster/lana con colorantes forosyn*. Ibarra : Tesis de grado para optar el título de ingeniero textil, Universidad Técnica del Norte. Escuela de ingeniería. Facultad de ingeniería en ciencias aplicadas, 2008.
45. *Modification of silk with aminated polyepichlorohydrin to improve dyeability with reactive dyes*. Weibin, Xie, y otros, y otros. 2, 2007, . Coloration technology, Vol. 123, págs. 74-79.
46. Marco, Angel. *La práctica de la tintura de fibras celulósica y de poliéster y sus mezclas*. s.l. : Asociación española de químicos y coloristas textiles, 2011.
47. *A preliminary study on dyeing of super wash wool-silk blends*. Kumar, Anil, y otros. 6, 2012, Colourage, Vol. 59, págs. 49-56.
48. *Dyeing of Silk with Ecofriendly Natural Dye obtained from Barks of Ficus Religiosa L.* . P, Saravanan y Chandramohan, G. 3, 2008, Universal Journal of Environmental Research and Technology, Vol. 1, págs. 268-273.
49. *Eco-Friendly of Textiles Dyeing and Printing with Natural Dyes*. Rungruangkitkrai, Nattadon y Mongkhlorattanasit, Rattanaphol. Bangkok Thailand : s.n., 2012, International Conference: Textiles & Fashion .
50. *Application of ecofriendly natural dye on silk using combination of mordants*. Kumaresan, M, Palanisamy, P.N. y Kumar, P.E. 1, 2011, International journal of chemistry research , Vol. 2, págs. 11-14.
51. *Dyeing of cotton, Bombyxmori and eri silk fabrics with the Natural dye extracted from tamarind seed*. Tepparin, Supaluk, y otros. 3, 2012, International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics, Vol. 2, págs. 159-163.

52. *Application of Polymeric Dyes in Textile Fields*. Jie-xiong, Wang, y otros, y otros. Dalian, China : s.n., 2005, The Proceedings of the 3rd International Conference on Functional Molecules, págs. 8-12.
53. *Effects of mordants on the mechanical behaviour of dyed silk fabrics: preliminary tests on cochineal dyestuffs*. Fuster, Luisa, y otros. 6, 2007, Arché, Vol. 2, págs. 115-120.
54. *Dyeing of silk with barberry bark dye using mordant combination*. Pruthi, Neelam, Chawla, Geeta D y Yadav, Saroj. 1, 2008, Natural product radiance, Vol. 7, págs. 40-44.
55. *Bioecological mordant dyeing of silk with monascorubrin*. Liu, Yanchun y Gang, Bai. 2, 2011, Textile Research Journal, Vol. 82, págs. 203-207.
56. *Eco-Dyeing Using Tamarindus indica L. Seed Coat Tannin as a Natural Mordant for Textiles with Antibacterial Activity*. Prabhu, K.H. y Teli, M.D. Mumbai, India : s.n., 2011, Journal of Saudi Chemical Society. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jscs.2011.10.014>.
57. Christie, Robert. *Colour chemistry*. s.l. : Royal society of chemistry, 2001.
58. Hunger, Klaus. *Industrial dye: Chemistry, Properties, Application*. s.l. : Dr. Klaus Hunger, 2003.
59. Rush, J. *Dyeing primer: Dyeing with acid dye*. s.l. : American Association of Textile Chemists and Colorists, 1981.
60. Colorantes. [En línea] 2013. <http://www.worlddyevariety.com/>.
61. Acid dyes. Woed dye variety. [En línea] 2013. <http://www.worlddyevariety.com>.
62. International Organization for Standardization: ISO 105-X12: 2001. *Test for colour fastness to rubbing*. 2001.
63. International Organization for Standardization: ISO105-C06:2008. *Test for colour fastness to perspiration*. 2008.
64. International Organization for Standardization: ISO 105-B-02:1997. *Tests for colour fastness part B02: Colour fastness to artificial light: Xenon arc fading lamp test*. 1997.
65. International Organization for Standardization: ISO 105 E04: 1997. *Test for colour fastness to domestic and commercial laundering*. 1997.
66. McMurry, John. *Química orgánica*. (7a Ed). s.l. : Thomson brooks, 2008.
67. Randencich, Michael. *The science and practice of dyeing fly-tying materials: Trying the classic Salmon fly*. s.l. : Stackpole books., 1997.
68. Huntsman. *Textile Effects: polar, Erionyl y Tectilon*.
69. Derma silk. Silk. [En línea] 2012. dermasilk.com.au.

ANEXOS

ANEXO A

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA SOLIDEZ DEL COLOR AL FROTE

- **OBEJIVO**

Determinar la cantidad de color transferido desde la superficie de los materiales textiles a otras superficies adyacentes por medio del rozamiento.

- **ALCANCE**

Se puede aplicar a textiles elaborados de todas las fibras en la forma de hilado o tejido, ya sean que éstos estén teñidos, estampados o coloreados de otra manera.

No se recomienda su uso para alfombras o para estampados en donde el área seleccionada para el frote pueda ser demasiado pequeña.

Puesto que el lavado, lavado en seco, encogimiento, planchado, acabado, etc., pueden afectar el grado de transferencia de color desde un material, el ensayo se puede realizar antes, después, o antes de cualquier tratamiento

- **DESCRIPCIÓN**

- *Principio*

Un espécimen de ensayo teñido se frota con una tela de ensayo para frote blanca bajo condiciones controladas.

El color transferido a la tela de ensayo blanca se evalúa mediante una comparación con la escala de grises para manchado (coloración) o con una escala de transferencia cromática y se le asigna una calificación.

○ *Equipos y condiciones ambientales*

Antes de realizar el ensayo se requiere que las muestras estén acondicionadas durante 4 h como mínimo bajo las siguientes condiciones 21 ± 1 °C de temperatura y $65\pm 2\%$ de humedad relativa. En las telas de tejido plano se realiza el ensayo de solidez en seco y en húmedo, tanto en el sentido de trama y urdimbre.

Equipos:

- Fricómetro
- Portamuestras para fricómetro
- Papel secante blanco para textil
- Tela para el ensayo de 5 cm x 13 cm
- Testigos cuadrados de algodón de 5 cm x 5 cm
- Escala de grises para manchado
- Cámara de luces

○ *Verificación*

Las verificaciones del funcionamiento del ensayo y de los aparatos se deben efectuar en forma rutinaria y se debe mantener un registro de los resultados. Las siguientes observaciones y acciones correctivas son muy importantes para evitar que se produzcan resultados de ensayo incorrectos en los casos en que exista la posibilidad de imágenes de desprendimiento del color anormales que puedan influir en el proceso de calificación.

Use un tejido propio, con poco desprendimiento de color, como espécimen de calibración y efectúe tres ensayos de solidez del color al frote, en seco.

Una imagen circular difusa con un porcentaje de absorción de tinte disperejo puede indicar que es necesario rectificar la superficie del dedo de desprendimiento.

Una imagen doble y alargada puede indicar que hay un clip metálico suelto.

Una imagen de desprendimiento del color estriada y rayada puede ser debida a una instalación diagonal del cuadrado de ensayo de solidez del color.

Marcas de desgaste a los lados del espécimen indican que las presillas de los clips metálicos están colocadas hacia abajo y no son lo suficientemente altas como para evitar la frotación de la superficie del espécimen.

Una raya en el centro de la imagen de la tela para ensayo de solidez del color y en el sentido de la frotación puede significar que la base de metal está deformada y no es plana. Esto requerirá que se inserte un refuerzo para cuadrar la base del probador.

Si se utiliza un portamuestras, colóquelo sobre el espécimen en la base del probador. Mueva el dedo del brazo de desprendimiento lo más adelante posible y observe si golpea el borde interior del portamuestras. Si esto ocurre, mueva el portamuestras levemente hacia adelante al efectuar todos los ensayos. Si no se corrige, este problema generará un área oscura en la imagen de desprendimiento del color.

Reemplace el papel abrasivo en la base del probador, note si está suave al tacto en el área de desprendimiento del color con respecto al área adyacente o si se nota que el espécimen se desliza.

En ensayos de rutina, observe si hay múltiples estrías en la imagen de desprendimiento del color. Coloque el espécimen en forma normal con el lado más largo en posición oblicua a la urdimbre y a la trama. Si el sentido del frotamiento queda a lo largo de una línea de tejido cruzado, o sobre un diseño de la superficie, etc., entonces se pueden producir estrías. Si esto ocurre, ajuste levemente el ángulo para el ensayo.

- *Medidas de seguridad*

Se deben seguir procedimientos de buenas prácticas de laboratorio. Use lentes de seguridad en todas las áreas de laboratorio.

- *Procedimiento*

Se usan dos especímenes, uno para ensayo en seco y otro para ensayo en húmedo. Se pueden usar especímenes adicionales para aumentar la precisión del promedio.

1. Ensayo de solidez en seco

- 1.1** Colocar el espécimen en la base del frictómetro estirándolo en el sentido de la frotación.
- 1.2** Colocar el porta muestra sobre el espécimen para evitar el desplazamiento del espécimen.

- 1.3** Colocar un cuadro de tela de algodón con el diseño paralelo en el sentido de la frotación. Usar el clip metálico en espiral especial para mantener en su lugar el cuadrado de ensayo. Colocar el clip con las presillas hacia arriba, porque si las presillas apuntan hacia abajo pueden dañar el espécimen.
- 1.4** Se hace girar la manivela 10 vueltas completas.
- 1.5** Retirar el cuadrado de tela blanco, este se acondiciona durante 4 h a condiciones estándar y posteriormente se realiza la evaluación.

2. Ensayo de solidez en húmedo

- 2.1** Colocar el espécimen en la base del frictómetro estirándolo en el sentido de la frotación.
- 2.2** Colocar el portamuestra sobre el espécimen para evitar el desplazamiento del espécimen.
- 2.3** Colocar el testigo de algodón, con el diseño paralelo en el sentido de la frotación, antes se debe humedecer hasta llegar a un porcentaje de absorción del $65\pm 5\%$, haciendo pasar el testigo de ensayo mojado entre papel secante a través de un exprimidor manual o un medio similar adecuado.
- 2.4** Evitar que el contenido de humedad se evapore antes de realizar el ensayo de solidez.
- 2.5** Secar al aire el testigo de algodón, acondicionarlo y luego evaluar.

o *Evaluación*

Evaluar la cantidad de color transferido desde el espécimen al testigo de algodón mediante la escala de grises para el manchado por medio de la escala de grises para manchado o la Escala de Transferencia Cromática de 9 pasos.

- Calificación 5: transferencia de color insignificante o ninguna transferencia de color.
- Calificación 4,5: transferencia de color equivalente a los Pasos 4-5 en la Escala de grises para manchado (coloración) o fila 4.5 en la Escala de Transferencia Cromática de 9 pasos.
- Calificación 4: transferencia de color equivalente al Paso 4 en la Escala de grises para coloración o fila 4 en la Escala de Transferencia Cromática de 9 pasos.
- Calificación 3,5: transferencia de color equivalente al Paso 3-4 en la Escala de grises para color o fila 3.5 en la Escala de Transferencia Cromática de 9 pasos
- Calificación 3: transferencia de color al Paso 3 en la Escala y 1 de grises para coloración o fila 3 en la Escala de Transferencia Cromática de 9 pasos.
- Calificación 2,5: transferencia de color equivalente al Paso 2-3 en la Escala de grises para coloración o fila 2.5 en la Escala de Transferencia Cromática de 9 pasos.
- Calificación 2: transferencia de color equivalente al Paso 2 en la Escala de grises para coloración o fila 2 en la Escala de Transferencia Cromática de 9 pasos.
- Calificación 1,5: transferencia de color equivalente al Paso 1-2 en la Escala de grises para coloración o fila 1.5 en la Escala de Transferencia Cromática de 9 pasos.
- Calificación 1: transferencia de color equivalente al Paso 1 en la Escala de grises para coloración o fila 1 en la Escala de Transferencia Cromática de 9 pasos.

Nota: Promedie los resultados individuales al 0,1 de calificación más cercana cuando se ensayen especímenes múltiples o cuando un grupo de evaluadores califica la transferencia de color.

- *Informe de resultados*

- Establezca si es un ensayo de solidez en seco o húmedo

- Reportar la calificación determinada

- Indicar que escala se uso para evaluar el manchado

- En caso de haber sometido algunos de los especímenes a pretratamiento o postratamiento, indique el método de tratamiento

- **BIBLIOGRAFÍA**

American Association of Textile Chemists and Colorists: AATCC 8:2001. Test for colour fastness to rubbing.

Norma Técnica Colombiana NTC 786: 2004. Método de ensayo para determinar la solidez del color al frote.

ANEXO B

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA SOLIDEZ DEL COLOR A LA TRANSPIRACIÓN

- **OBJETIVO**

Determinar la solidez de los textiles teñidos ante los efectos de la transpiración ácida y alcalina.

- **ALCANCE**

Se aplica a todas las fibras textiles, hilados y tejidos teñidos, de todo tipo, estampados o coloreados de otra manera, y para probar materias colorantes cuando se aplican a textiles.

- **DESCRIPCIÓN**

- *Principio*

Los especímenes del textil teñido en contacto con otros materiales de fibras (para transferencia de color - tejidos testigo adyacentes) se humedecen con una solución de transpiración ácida simulada, y se colocan bajo una presión mecánica fija mediante un dispositivo de ensayo; posteriormente se secan lentamente a una temperatura ligeramente elevada. Después del acondicionamiento, el espécimen se evalúa para ver si hay cambio en el color y si los otros materiales de fibras (tejidos testigo adyacentes) se han manchado (transferencia de color).

- *Equipos*

Equipos

- Perspirómetro
- Horno de secado
- Balanza
- Medidor de pH
- Cámara de luces
- Escala de grises para manchado
- Escala de grises para cambio de color

- Tela de ensayo de 6 cm x 6 cm
- Testigo multifibra N.10A o FA

- *Reactivos y preparación de soluciones*

Reactivos

- Hidróxido de sodio 0,1 N
- Solución de transpiración ácida
- Solución de transpiración básica

Preparación de soluciones

Solución ácida

Prepare la solución de transpiración ácida, llenando hasta la mitad un matraz aforado de 1 L, con agua destilada. Agregue las siguientes sustancias químicas y mezcle para asegurarse de que todas las sustancias químicas queden bien disueltas.

0,5 g/L Clorhidrato de L-histidina monohidratado ($C_6H_9O_2N_3.HCl.H_2O$)

5 g/L Cloruro de sodio (NaCl)

2,2 g/L Hidrógeno fosfato de sodiodihidratado ($NaH_2PO_4.2H_2O$)

Mida el pH de la solución con un medidor de pH. Si no es de 5,5, ajustarla con una solución de hidróxido de sodio 0,1 N asegurándose que todos los ingredientes sean pesados con exactitud. Para esta medición, no se recomienda el uso de papel indicador de pH, debido a su falta de exactitud.

No use una solución de transpiración que tenga más de tres días de preparada

Solución básica

Prepare la solución de transpiración ácida, llenando hasta la mitad un matraz aforado de 1 L, con agua destilada. Agregue las siguientes sustancias químicas y mezcle para asegurarse de que todas las sustancias químicas queden bien disueltas.

0,5 g/L Clorhidrato de L-histidina monohidratado ($C_6H_9O_2N_3.HCl.H_2O$)

5 g/L Cloruro de sodio (NaCl)

5 g/L Hidrógeno fosfato de disodiododecahidratado ($Na_2HPO_4.12H_2O$)

Mida el pH de la solución con un medidor de pH. Si no es de 8 ajustarla con una solución de hidróxido de sodio 0,1 N asegurándose que todos los ingredientes sean pesados con exactitud. Para esta medición, no se recomienda el uso de papel indicador de pH, debido a su falta de exactitud.

No use una solución de transpiración que tenga más de tres días de preparada.

Preparación de las muestras

Corte un espécimen de (6 cm x 6 cm) $\pm 0,2$ cm del textil por ensayar y una pieza de igual tamaño de un tejido testigo multifibra. No use un tejido testigo multifibra que tenga los bordes fundidos porque podría tener variaciones de espesor en los bordes, lo que causaría una compresión no uniforme durante el ensayo. Si la fibra o fibras del tejido por ensayar no están en la tela testigo multifibra incluya también en el ensayo una pieza del material original no teñido.

Las muestras se deben coser junto con el testigo multifibra formando un ensamble multilamina (sándwich). Por cada espécimen se debe realizar dos muestras una para la solución ácida (muestra 1) y otra para la solución alcalina (muestra 2).

○ Verificación

En forma rutinaria, se debe verificar el funcionamiento del ensayo y de los aparatos y conservar los resultados en un registro. Las siguientes observaciones y acciones correctivas son de suma importancia para evitar que los ensayos den resultados incorrectos.

Use un tejido para transpiración, interno, como espécimen de calibración, con un grado visual de nivel medio en la banda más manchada del tejido multifibra, y realice una prueba de transpiración usando tres muestras. En forma periódica se deben efectuar verificaciones, como también cada vez que se use un nuevo lote de tejidos multifibras o sin teñir.

Es posible que una transferencia de color no uniforme se deba a procedimientos inadecuados de empapado o a una presión no uniforme sobre las muestras debido a la existencia de placas deformes en el medidor. Verifique los procedimientos de empapado para determinar que el equilibrio sea exacto y que se está siguiendo cuidadosamente el procedimiento. Revise todas las placas para asegurarse de que están en buenas condiciones y no estén deformadas.

○ *Medidas de seguridad*

Siga procedimientos de buenas prácticas para laboratorios. Use lentes de seguridad en todas las áreas del laboratorio.

Todas las sustancias químicas se deben manipular con cuidado.

○ *Procedimiento*

1. Ensayo de solidez

1.1 Colocar cada una de las muestras en una caja petri.

1.2 Adicionar a la muestra 1 la solución ácida y la muestra 2 la solución alcalina.

1.3 Remojar las soluciones por un tiempo de 30 min, agitar y escurrir de vez en cuando para asegurar un mojado completo. Para tejidos que son difíciles de humedecer, moje alternadamente la muestra y pásela por un rodillo escurridor hasta que quede totalmente empapada con la solución.

1.4 Después de 30 min pasar cada montaje de especímenes por el rodillo escurridor, con las bandas del tejido multifibra en sentido perpendicular a la longitud de los rodillos del rodillo escurridor. Todas las bandas pasan por el rodillo escurridor al mismo tiempo.

1.5 Pesar cada muestra de ensayo para verificar que pesa $2,25 \pm 0,05$ veces su peso original o garantizar un escurrido regular y uniforme. Debido a que algunos tejidos son incapaces de retener esa cantidad de solución cuando pasan por un rodillo escurridor, éstos se pueden ensayar una vez que el exceso de agua es absorbido con papel secante blanco hasta alcanzar el porcentaje de humedad requerido.

1.6 Las muestras humedecidas se llevan al Perspirómetro, separándolas a través de placas. Una vez se ubica la última placa, se adiciona un peso de 4,54 kg para inmovilizar y ejercer presión.

1.7 Luego se libera el peso y el perspirómetro es llevado al horno durante un tiempo de 4 h a una temperatura de 37 °C.

1.8 Posteriormente, se evalúa el cambio y la transferencia del color con la escala de grises para cada una de las muestras en condiciones acidas y alcalinas.

○ *Evaluación*

Con referencia a la Escala de Grises para Cambio de Color, califique el efecto sobre el color de los especímenes de ensayo (véase el Procedimiento de Evaluación 1 de la AATTC). También se puede hacer la evaluación instrumental del cambio de color.

- Clase 5: cambio insignificante o ningún cambio, como se indica en el Paso 5 la Escala de Grises.
- Clase 4.5: cambio de color equivalente al Paso 4-5 de la Escala de Grises.
- Clase 4: cambio de color equivalente al Paso 4 de la Escala de Grises.

- Clase 3,5: cambio de color equivalente al Paso 3-4 de la Escala de Grises.
- Clase 3: cambio de color equivalente al Paso 3 de la Escala de Grises.
- Clase 2,5: cambio de color equivalente al Paso 2-3 de la Escala de Grises.
- Clase 2: cambio de color equivalente al Paso 2 de la Escala de Grises.
- Clase 1,5: cambio de color equivalente al Paso 1-2 de la Escala de Grises.
- Clase 1: cambio de color equivalente al Paso 1 de la Escala de Grises.

Con la Escala de Grises para Manchado (transferencia de color) o la Escala de Transferencia Cromática AATCC de 9 Pasos, califique el cambio de color de cada tipo de fibra del tejido multifibra y del tejido original sin teñir.

- Clase 5: transferencia de color insignificante o ninguna.
- Clase 4,5: transferencia de color equivalente al Paso 4-5 de la Escala de Grises para Manchado, o a la Fila 4.5 en la Escala de Transferencia Cromática AATCC de 9 pasos.
- Clase 4: transferencia de color equivalente al Paso 4 de la Escala de Grises para Manchado o a la Fila 4 en la Escala de Transferencia Cromática AATCC de 9 pasos.
- Clase 3,5: transferencia de color equivalente al Paso 3-4 de la Escala de Grises para Manchado, o a la Fila 3.5 en la Escala de Transferencia Cromática AATCC de 9 pasos.
- Clase 3: transferencia de color equivalente al Paso 3 de la Escala de Grises para Manchado o a la Fila 3 en la Escala de Transferencia Cromática AATCC de 9 pasos.
- Clase 2,5: transferencia de color equivalente al Paso 2-3 de la Escala de Grises Manchado o a la Fila 2.5 en la Escala de Transferencia Cromática AATCC de 9 pasos.
- Clase 2: transferencia de color equivalente al Paso 2 de la Escala de Grises Manchado o a la Fila 2 en la Escala de Transferencia Cromática AATCC de 9 pasos.
- Clase 1,5: transferencia de color equivalente al Paso 1-2 de la Escala de grises para Manchado o a la Fila 1.5 en la Escala de Transferencia Cromática AATCC de 9 pasos.
- Clase 1: transferencia de color equivalente al Paso 1 de la Escala de Grises Manchado o a la Fila 1 en la Escala de Transferencia Cromática AATCC de 9 pasos.

• **BIBLIOGRAFÍA**

International Organization for Standardization: ISO105-C06:2008. Test for colour fastness to perspiration.

Norma Técnica Colombiana NTC 772: 2006. Método de ensayo para determinar la solidez del color a la transpiración

ANEXO C

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA SOLIDEZ DEL COLOR A LA LUZ

- **OBJETIVO**

Determinar la resistencia de los colores de los materiales textiles de todo tipo y en todas sus formas, a la acción de una fuente de luz artificial que representa la luz natural del día (D_{65}).

- **DESCRIPCIÓN**

- *Principio*

Las muestras del material textil que se va a ensayar y el, o los patrones de comparación que se acordaron, se exponen simultáneamente a una fuente de luz bajo condiciones específicas. La solidez del color a la luz del espécimen se evalúa comparando el cambio de color de la parte expuesta de éste con la parte de control cubierta o con el material original no expuesto, usando la Escala de Grises para Cambio de Color de AATCC o mediante una medición instrumental del color. La clasificación de la solidez a la luz se complementa con la evaluación respecto a una serie expuesta simultáneamente de patrones de lana azul AATCC de solidez a la luz.

Para textiles blancos (con blanqueo químico o blanqueo óptico) la solidez del color se evalúa por la comparación del cambio en la blancura de los especímenes con el de la muestra de referencia utilizada.

- *Equipos y condiciones de ensayo*

El ensayo puede efectuarse según el grado de humedad efectiva, mostrados a continuación:

- **Condición normal (zonas templadas):** humedad efectiva moderada; solidez del color de la muestra de control de humedad: 5, temperatura del panel negro: máx. 45 °C.
- **Condiciones extremas:** se utiliza para ensayar la sensibilidad de los especímenes a la humedad durante la irradiación y son las siguientes:

-Humedad efectiva baja: solidez del color de la muestra de control de humedad: 6-7; temperatura del panel negro: máx. 60 °C

-Humedad efectiva elevada: solidez del color de la muestra de control de humedad: 3; temperatura del panel negro: máx. 40 °C.

Si para obtener estas condiciones de temperatura se utiliza un filtro de vidrio o de agua es necesario limpiar el equipo frecuentemente para evitar filtración excesiva debido a la suciedad.

Equipos

- Xenotest® Alpha+ con lámpara de arco de xenón
- Escala de azules
- Cámara de luces

- *Medidas de seguridad*

Antes de hacer funcionar los equipos de ensayo, lea y comprenda las instrucciones del fabricante. El operador es responsable de respetar las instrucciones del fabricante acerca de la operación segura.

Los equipos de ensayo contienen fuentes de luz de alta intensidad. No mire directamente la fuente de luz. La puerta de la cámara de ensayos se debe mantener cerrada durante la operación de los equipos.

Antes de hacer el mantenimiento de las fuentes de luz, espere 30 min después de haber finalizado la operación de las lámparas para que éstas se enfríen.

Cuando esté haciendo el mantenimiento de los equipos de ensayo, apague el interruptor (*off*) en el panel frontal y el interruptor principal de desconexión de la alimentación. En caso de existir, asegúrese de que esté apagada la luz indicadora de alimentación principal que está ubicada en el panel frontal del equipo.

Una exposición prolongada de la piel y los ojos a la luz diurna puede ser peligrosa para la salud y, por lo tanto, es necesario tomar las medidas de precaución necesarias para proteger estas áreas del cuerpo. En ninguna circunstancia debe mirar directamente al sol.

Siga buenas prácticas de laboratorio. Use lentes de seguridad en todas las áreas de laboratorio.

- *Usos y limitaciones*

No todos los materiales se ven afectados del mismo modo cuando están expuestos a la misma fuente de luz y entorno. Es posible que los resultados obtenidos mediante alguna de las opciones de ensayo no sean representativos de aquellos logrados en alguna otra opción de ensayo u otra aplicación de empleo final, salvo que se determine una correlación matemática para un material, una aplicación dada, o ambos. Las opciones de solidez a la luz de carbón en recipiente cerrado, arco de xenón y la de luz día han sido

utilizadas de manera generalizada en el comercio para ensayos de aceptación de materiales textiles. Es probable que entre los equipos suministrados por diferentes fabricantes haya una diferencia notoria en la distribución de la energía espectral, las ubicaciones de los sensores de temperatura y humedad del aire y el tamaño de las cámaras de ensayo, lo que puede originar diferencias en los resultados de ensayo reportados. En consecuencia, los datos obtenidos de los equipos suministrados por diferentes fabricantes, de diferentes tamaños de cámaras de ensayo o diferentes combinaciones de fuentes de luz y filtro no se pueden usar indistintamente, salvo que se haya establecido una correlación matemática.

Los resultados obtenidos mediante el arco de xenón, para todos los materiales deberían coincidir bastante con los resultados obtenidos mediante el método de luz diurna detrás de un vidrio. Puesto que la distribución espectral del arco de xenón, luz y oscuridad, alternas, al estar equipado con el vidrio inactínico especificado, es muy similar a la luz diurna promedio o común tras el vidrio de una ventana, se espera que los resultados concuerden con los resultados obtenidos en luz diurna, y luz diurna detrás de vidrio. Las dos opciones de arco de carbón, luz y oscuridad alternas y continuas de acuerdo con las condiciones especificadas, generarán resultados coincidentes con los obtenidos con el método de luz diurna detrás de vidrio, a menos que el material que se esté probando se vea afectado adversamente por la diferencia de las características espectrales del arco de carbón y la luz diurna.

Al usar este método de ensayo, la opción de método de ensayo seleccionada debe incorporar los efectos de luz, humedad y calor basados en la experiencia y los datos históricos. La opción seleccionada también debe reflejar las condiciones de empleo final esperadas para el material que se va a ensayar.

Al usar este método de ensayo, use un patrón de comparación que tenga un cambio conocido en la solidez a la luz después de una exposición específica, para poder compararla con el material que se va a ensayar. Para este propósito, se han usado de manera generalizada los patrones de lana azul AATCC de solidez a la luz.

○ *Preparación de los especímenes*

1. La medida de los especímenes dependerá del número de los mismos a ensayar y de la forma y dimensiones del portaespecímenes previstos por el equipo.

1.1 En el caso de los aparatos enfriados por aire: se usa un área textil de no menos de 45 mm x 10 mm cuando se ensayan varios períodos de exposición conjuntamente en el mismo espécimen lo que es la práctica recomendada. El espécimen puede ser una tira de tela, hilado retorcido fijado a una tarjeta o dispuesto en forma de hilos paralelos y fijados en la tarjeta, o una mecha de fibras peinadas y comprimidas para lograr una superficie uniforme y tejida a una tarjeta. Cada área expuesta y no expuesta no debe ser menos a 10 mm x 8 mm.

- 1.2 En aparatos enfriando por agua:** los portaespecímenes están ajustados para fijar especímenes de aproximadamente 70 mm x 120 mm.
- 1.3** Las escalas de azules debe estar expuestas con una tarjeta de fondo blanco y los especímenes a ensayar montados de la misma manera si se desea.
- 1.4** Las tapas debe estar en contacto total con el área no expuesta de los especímenes y de los patrones, con el objeto de que se produzca una línea clara de demarcación entre las áreas expuestas y no expuestas, pero no se debe comprimir los especímenes innecesariamente.
- 1.5** Los especímenes a ensayar y las escalas de azules debe ser de la misma medida y forma para eliminar errores en la valoración.
- 1.6** Cuando se ensayan textiles con pelo, la escala de azules deberá estar nivelada de manera de estar a la misma distancia de la fuente de luz que la superficie del espécimen con pelo. El área expuesta no menor de 50 mm x 40 mm.

- *Procedimiento*

- 2.** Procedimiento del ensayo:

- 2.1** Ajustar la humedad según la condición del ensayo.
- 2.2** Revisar que el equipo esté en buenas condiciones de funcionamiento y que el tubo de la lámpara este limpio.
- 2.3** Ubicar los portaespecímenes llenos en el soporte del aparato, alineándolos verticalmente llenar todos los espacios vacíos en el soporte con portaespecímenes que contengan tarjetas blancas.
- 2.4** Operar el aparato en forma continua hasta completar el ensayo, al menos que la lámpara requiera limpieza o el sistema de iluminación, filtro interno o externo hayan alcanzado el máximo de horas de uso recomendadas.

2.5 Métodos de exposición: se exponen simultáneamente los especímenes y la escala de azules, bajo las condiciones deseadas, de tal manera y por un tiempo tal como para evaluar la solidez del color de cada espécimen en relación con los patrones de azules, cubriendo progresivamente los especímenes y la escala de azules durante el ensayo. A continuación se presentan los métodos.

2.5.1 Método 1: Este método es considerado el más exacto y el que se debe implementar en los casos de discrepancia. La característica principal es el control del período de exposición mediante la inspección del espécimen, por esta razón se requiere de una escala de azules para cada espécimen por ensayar.

- Colocar el espécimen a ensayar y la escala de azules como se indica en la figura 1, con una cubierta opaca AB cubriendo transversalmente un tercio central de las muestras y de los patrones de la escala.
- Luego, colocar la lámpara de xenón bajo las condiciones de trabajo según el numeral 3.

- Observar periódicamente el efecto de la luz quitando la tapa e inspeccionando el espécimen.
- Apenas se haga visible un cambio de color igual a 4-5 de la escala de grises para evaluar los cambios de color, se anota el número de patrón de la escala de azules que presenta el cambio similar.
- Si existe la posibilidad que la muestra sea fotocromica, en este punto se debe realizar el ensayo fotocromismo (ISO 105-B05). Para todo los especímenes excepto los blancos, se continúa con el procedimiento, mientras que para textiles blancos se continúa con el procedimiento 2.5.2.
- Se continúa con la exposición hasta que el contraste entre la parte expuesta y la parte cubierta del espécimen sea igual al contraste indicado por el patrón 4 de la escala de grises para valorar los cambios de color. SE cubre el segundo tercio del espécimen y de la escala de azules con una tapa CD ver Figura 1.

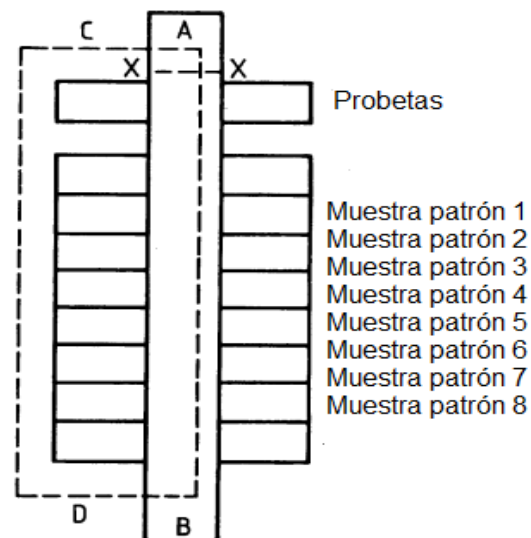


Figura 1. Montaje para el método 1

- Se continúa la exposición hasta que el contraste entre la parte del espécimen expuesta desde el comienzo y la no expuesta sea igual al contraste grado 3 de la escala de grises para valorar los cambios de color.
- Si el patrón 7 de la escala de azules presenta un cambio de color igual al grado 4 de la escala de grises antes que la muestra de ensayo, se da por finalizado el ensayo.

2.5.2 Para textiles blancos (blanqueados química u ópticamente), se continúa la exposición hasta que el contraste entre las zonas expuestas y no expuestas del espécimen sea igual al grado 4 de la escala de grises.

2.6 Método 2: este método se deberá usar cuando sea necesario ensayar un gran número de especímenes simultáneamente. La característica principal es el control de los períodos de exposición mediante la inspección de la escala de azules, lo que permite que un número de especímenes que difieren en la solidez del color se ensayen comparándolos con una sola escala de azules.

- Se ubican los especímenes y la escala de azules como se muestra en la figura 2, con la cubierta AB cubriendo un cuarto del total del largo de cada espécimen y la escala. Se exponen de acuerdo a las condiciones del numeral 3.
- Se sigue el efecto de la luz, levantando periódicamente la cubierta AB e inspeccionando las referencias.
- Cuando se perciba un cambio en el patrón 3 de la escala de azules igual al grado 4-5 de la escala de grises, se inspecciona el espécimen y se evalúa la solidez del color comparando cualquier cambio ocurrido con los patrones 1,2 y 3 (esta es una evaluación preliminar de la solidez del color).

Si existe la posibilidad que la muestra sea fotocromica, en este punto se debe aplicar el ensayo fotocromismo (ISO 105-B05).

- Se reubica la cubierta AB exactamente en la misma posición y se continúa la exposición de los especímenes hasta que se observe un cambio de color en el patrón 4 de la escala de azules igual al grado 45 de la escala de grises.
- En este punto se fija una cubierta adicional CD, en la posición descrita en la Figura 2, superponiéndola a la primera cubierta AB.

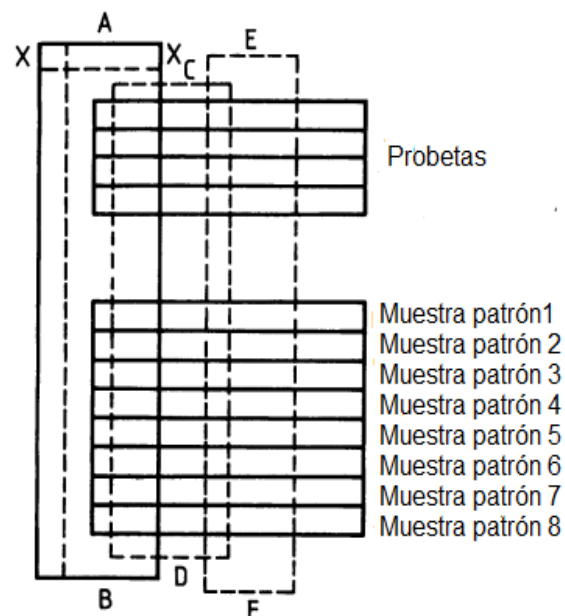


Figura 2. Montaje para el método 2

- Se continúa con la exposición de los especímenes hasta que se perciba un cambio en el patrón 6 de la escala de azules igual al grado 4-5 de la escala de grises, luego se fija la cubierta final EF, en la posición que se muestra en la Figura 2, dejando las otras dos cubiertas en su posición.
- Se continúa con la exposición hasta que:
- Se produzca un contraste en el patrón 7 de la escala de azules igual al contraste ilustrado por el grado 4 de la escala de grises; o
- Se produzca un contraste igual al grado 3 de la escala de grises en el espécimen más resistente; o
- Para textiles blancos, blanqueados química u ópticamente, cuando se produzca un contraste igual al grado 4 de la escala de grises en el espécimen más resistente; El que ocurra primero.

2.7 Método 3: este método se emplea para evaluar la conformidad con una especificación, se permite exponer los especímenes con sólo dos patrones azules, el especificado como requisito mínimo y el inmediato inferior.

Luego, se continúa la exposición según el numeral 2.5.1, hasta que se produzca un contraste igual al grado 4 y otro igual al grado 3 de la escala de grises en áreas separadas del patrón que corresponde al requisito mínimo. Para textiles blancos, blanqueados química u ópticamente, cuando se produzca un contraste igual al grado 4 de la escala de grises en áreas separadas del patrón que corresponde al requisito mínimo.

2.8 Método 4: este ensayo se utiliza para evaluar la conformidad con un convenio previo sobre una muestra de referencia, se permite exponer los especímenes sólo con la muestra de referencia convenida. Se continúa la exposición según el numeral 2.5.1, hasta que se produzca un contraste igual al grado 4 y/o 3 de la escala de grises en la muestra de referencia. Para textiles blancos, blanqueados química u ópticamente, cuando se produzca un contraste igual al grado 4 de la escala de grises en la muestra de referencia.

2.9 Método 5: este ensayo se emplea para evaluar la conformidad con un convenio previo sobre los niveles de energía radiante, se podrán exponer los especímenes solos o con la escala de azules. Los especímenes deberán ser expuestos hasta que se alcance la cantidad de energía radiante convenida. Luego, se retiraran junto con la escala de azules y serán evaluados.

○ *Evaluación*

Quitar todas las cubiertas y comparar los cambios en los especímenes con los cambios relevantes en las referencias bajo una iluminación adecuada (cámara de luces). Para textiles blancos, blanqueados química

u ópticamente, se recomienda el uso de una luz artificial. Esto es necesario en casos de discrepancia, a menos que exista otro acuerdo previo.

- La solidez del color del espécimen es el número de la escala de azules que muestre cambios similares de color (contraste visual entre las partes expuestas y las no expuestas del espécimen).
- Si el espécimen muestra en el color que se encuentran en el medio entre dos referencias consecutivas, se puede expresar como un grado intermedio, por ejemplo 3-4.
- Si se obtienen diferentes evaluaciones en los diferentes grados de contraste, la solidez del color del espécimen se toma como la media aritmética de estas.
- Si la solidez del color del espécimen es menor que la del patrón 1m se debe asignar el valor 1.

- **BIBLIOGRAFÍA**

International Organization for Standardization: ISO105-B02:1994. Test for colour fastness to artificial light: Xenon arc fading lamp test.

Norma Técnica Colombiana NTC 1479: 2006. Solidez del color a la luz.

ANEXO D

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA SOLIDEZ DEL COLOR AL LAVADO DOMÉSTICO E INDUSTRIAL

- **OBJETIVO**

Determinar la resistencia a la pérdida de color y transferencia a otras prendas a lo largo de los sucesivos procesos de lavado doméstico e industrial.

- **DESCRIPCIÓN**

- *Principio*

Una muestra del textil en contacto con una tela o telas adyacentes especificadas es lavado, enjuagado y secado. Los especímenes son lavados bajo condiciones apropiadas de temperatura, alcalinidad, decoloración y acción abrasiva de tal manera que los resultados se obtengan en un tiempo convenientemente corto. La acción abrasiva se realiza mediante el uso de una porción de solución baja y un número apropiado de bolas de acero. El cambio en el color del espécimen y el manchado de la tela o telas adyacentes se evalúan mediante comparación con las escalas de grises.

- *Equipos*

-Gyrowash

-Contenedores de acero inoxidable de 75 mm x 125 mm para el ensayo 1A.

-Contenedores de acero inoxidable de 90 mm x 200 mm para los ensayos 2A, 3A, 4A y 5A.

-Bolas de acero inoxidable

-Testigo multifibra N.1 que contengan bandas de acetato, algodón, nylon, seda, rayón viscosa y lana

-Testigo multifibra N.10, N10A, FA y FAA que contengan bandas de acetato, algodón, nylon, poliéster, acrílico y lana.

-Tela de ensayo: 5 cm x 10 cm para el ensayo 1A y 5 cm x 15 cm para los ensayos 2A, 3A, 4A Y 5A. Se requiere de una muestra por cada recipiente

-Escala de grises para evaluar el cambio de color

-Escala de grises para manchado (transferencia del color).

○ *Reactivos*

Detergentes:

- Sin blanqueadores ópticos: detergente WOB referencia AATCC y detergente ECE
- Con blanqueadores ópticos: detergente 124 referencia AATCC.
- Con carbonato de sodio (Na_2CO_3).

Preparación de las muestras

Las muestras y los testigos multifibras se cose a lo largo de uno de los bordes superior o inferior, es importante que la multifibra quede en contacto con la cara del material.

Se utiliza la tela de ensayo multifibra para la determinación del manchado en los ensayos 1A y 2A. Se puede utilizar la tela de ensayo multifibra o la tela de algodón blanqueado para la determinación del manchado en el ensayo 3A. En este último caso, el uso de la tela de ensayo multifibra es opcional, pero, no se tiene en cuenta el manchado de acetato, nailon, poliéster y acrílico a menos que alguna de estas fibras esté presente en la tela por ensayar. El manchado no se determina en los ensayos 4A y 5A.

○ *Procedimiento*

1. Ensayo de solidez

1.1 Elegir el número del ensayo teniendo en cuenta lo siguiente:

- Ensayo N.1A: se realiza para textiles que se esperan que soporten lavados manuales repetidos a bajas temperaturas. Se recomienda que las muestras sujetas a este ensayo muestren un cambio de color similar al que se produce por 5 lavados típicos a mano y cuidadosos a una temperatura de $40\pm 3^\circ\text{C}$.
- Ensayo N.2A: se realiza para textiles que se esperan que soporten lavados con máquinas a baja temperatura tanto a nivel doméstico como comercial. Se recomienda que las muestras sujetas a este ensayo muestren un cambio de color similar al que se produce por 5 lavados comerciales a $38\pm 3^\circ\text{C}$ o por 5 lavados en máquina doméstica en la posición de caliente o media en el intervalo de temperatura de $38\pm 3^\circ\text{C}$.
- Ensayo N3A: este ensayo se realiza a textiles que se puedan considerar como lavables bajo condiciones rigurosas. Se recomienda que las muestras sujetas a este ensayo muestren un cambio de color similar al que se produce por 5 lavados comerciales a $49\pm 3^\circ\text{C}$ o por 5 lavados en máquina doméstica a $60\pm 3^\circ\text{C}$, ambos sin la presencia de cloro.
- Ensayo N.4A: este ensayo se realiza a textiles que se pueden lavar con la presencia de cloro disponible. Se recomienda que las muestras sujetas a este ensayo muestren un cambio de color similar al que se produce

por 5 lavados comerciales a $71\pm 3^{\circ}\text{C}$ con 1% de cloro disponible por 45,4 kg de carga o por 5 lavados en máquina doméstica a $63\pm 3^{\circ}\text{C}$ con 3,74 g/L de cloro disponible con 3,6 Kg de carga.

▪ Ensayo N.5A: este ensayo se realiza a textiles que se pueden lavar con la presencia de cloro disponible. Se recomienda que las muestras sujetas a este ensayo muestren un cambio de color similar al que se produce por 5 lavados en máquina doméstica a $49\pm 3^{\circ}\text{C}$ con $0,020\% \pm 0,001\%$ de cloro disponible.

1.2 La Tabla 1 resume las condiciones de ensayo

Tabla 1. Condiciones de ensayo

N. Ensayo	Temperatura °C	Vln de solución mL	Cloro disponible %	Tiempo Min	Número de bolas	Detergente %
1 ^a	40	200	Ninguno	45	10	0,37
2 ^a	49	150	Ninguno	45	50	0,15
3 ^a	71	50	Ninguno	45	100	0,15
4 ^a	71	50	0,015	45	100	0,15
5 ^a	49	150	0,027	45	50	0,15

1.3 Se ajusta el equipo de acuerdo a la temperatura del ensayo.

1.4 Para el ensayo 1A se utilizan los contenedores de acero inoxidable de 75 mm x 125 mm y para los demás ensayos los contenedores de 90 mm x 200 mm.

1.5 Para los ensayos 1A, 2A y 3A se adiciona a los contenedores la cantidad de solución de detergente que se establece en la Tabla 1.

1.6 Para el ensayo 4A, se coloca en el recipiente, 45 ml de solución de detergente y 5 ml de la solución de cloro disponible de 0,15 % para alcanzar un total de 50 ml en volumen.

1.7 Para el ensayo 5A, se agregan $0,80\text{ ml} \pm 0,4\text{ ml}$ de solución de cloro disponible de 5,0 % (5,25 % de solución de hipoclorito de sodio) dentro de un recipiente graduado y se adiciona solución de detergente para alcanzar un total de 150 ml en volumen.

1.8 Para todos los ensayos se agrega el número establecido de bolas de acero inoxidable a cada contenedor.

1.9 Se realiza un precalentamiento de los contenedores a la temperatura de ensayo se puede efectuar en el dispositivo de ensayo sin introducir las muestras. Se mantienen en el módulo por mínimo dos minutos, y luego se introducen las muestras dentro del contenedor y se inicia el lavado.

Al terminar el ensayo las muestras se secan a temperatura ambiente, luego se deben acondicionar a $65\pm 2\%$ de humedad relativa y temperatura $20^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ C}$ durante 1 h antes de realizar la evaluación.

- *Evaluación*

Se estima el cambio de color y la transferencia de la muestra por comparación con la escala de grises para valorar los cambios y la transferencia del color.

- *Informe de resultados*

- La designación y número de actualización de esta norma
- Todos los detalles necesarios para la completa identificación de la muestra ensayada
- La clasificación en la escala de grises numérica para el cambio en el color del espécimen
- El tipo de tela adyacente utilizada, y la clasificación en la escala de grises numérica para manchado de cada clase de tela o fibra adyacente utilizada
- El número del método de ensayo utilizado (como son listados en el numeral 1.1)
- Si se utilizó el detergente WOB referencia AATCC o el detergente referencia ECE para ensayos de solidez del color sin blanqueadores ópticos, o el detergente AATCC para ensayos de solidez del color con blanqueadores ópticos.

- **BIBLIOGRAFÍA**

International Organization for Standardization: ISO 105-E04: 1997. Test for colour fastness to domestic and commercial laundering.

Norma Técnica Colombiana NTC 1155: 1997. Método de ensayo para determinar la solidez del color al lavado doméstico y comercial.

ANEXO E

CARTA DE COLOR

**Carta de colores para seda natural.
Colorantes GOTS, erionyl y tectilon.**





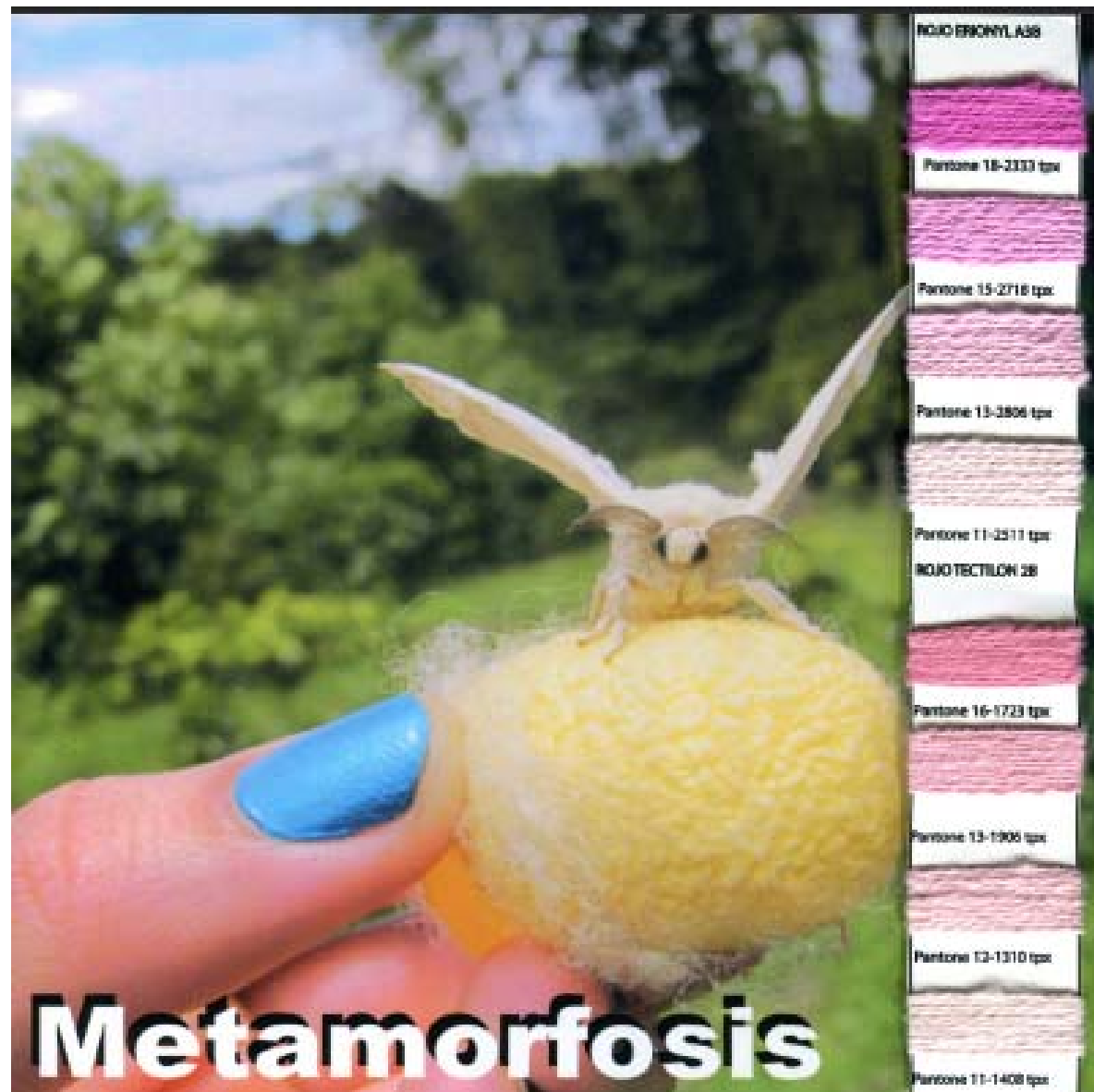
Gusano BomByx mori

Es un insecto doméstico del orden de los Lepidópteros. Su ciclo evolutivo puede dividirse en cinco edades, las cuales están determinadas por los cambios de tamaño y de piel, y se conocen como mudas. Al culminar la cuarta edad, el gusano ha realizado 4 mudas y ha aumentado cerca de 10000 veces su peso corporal, hasta convertirse en un gusano adulto. En la quinta edad se preparan para iniciar su proceso de metamorfosis, por lo que comienza con la elaboración del capullo de seda.

<http://www.gusanosdeseda.com/capullo.htm>



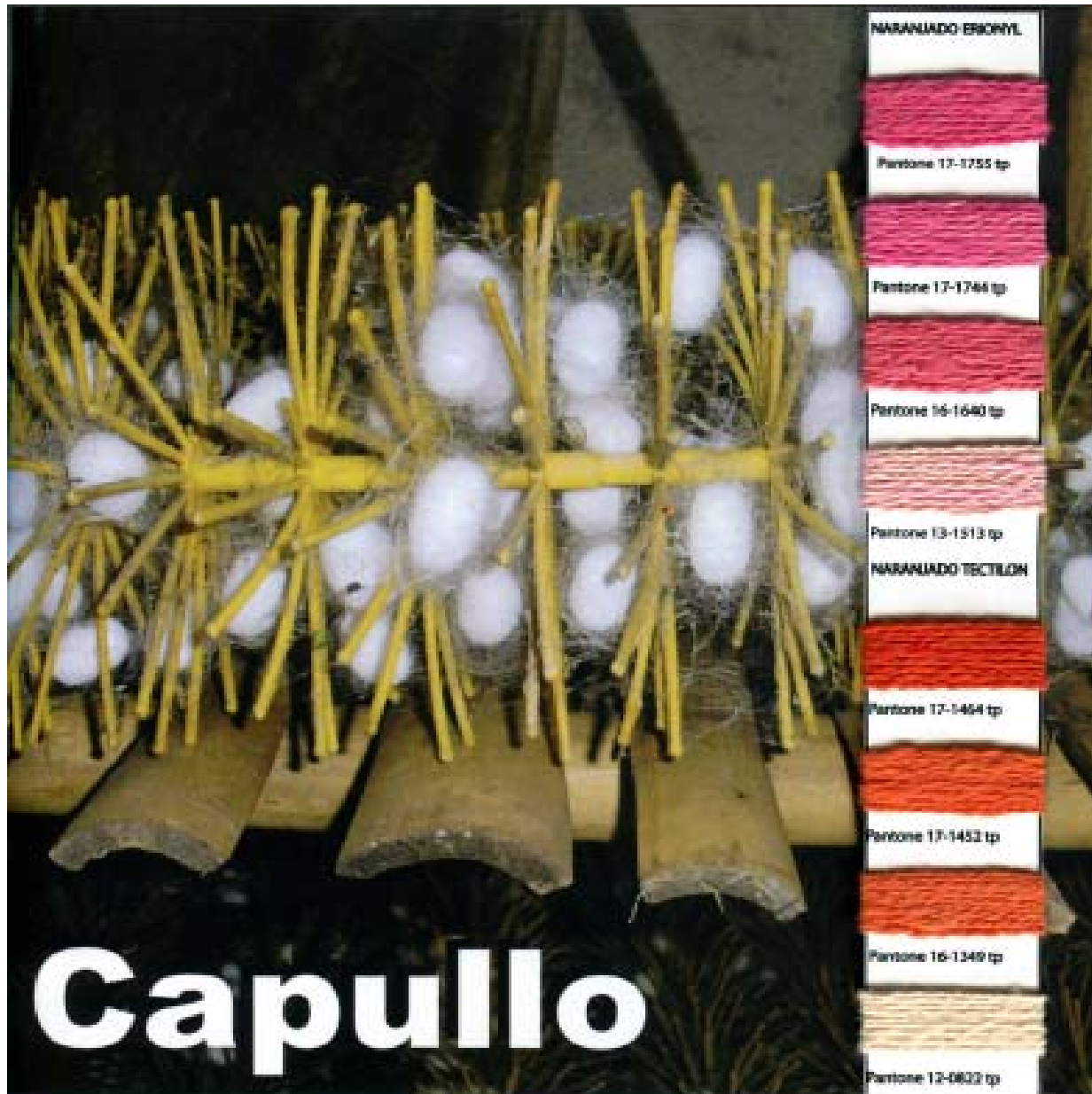
Las hojas de esta planta constituyen el alimento básico del gusano de seda *Bombyx mori*, dado que contienen un alto contenido proteico y es de fácil digestión. Estas hojas son pequeñas y tiernas en los primeros días de su desarrollo, a medida que transcurre el tiempo aumentan su tamaño y rigidez, por tanto se cosechan hojas tiernas para alimentar a los gusanos en las primeras edades y hojas con mayor desarrollo para los gusanos adultos.



Metamorfosis

El gusano de seda realiza la metamorfosis en su fase adulta, para transformarse de gusano a mariposa. Para salir del capullo la mariposa secreta un líquido transparente el cual solubiliza la seda y así logra salir al exterior.

<http://gusanoseda.blogspot.com/p/ciclo-biologico.html>



El gusano *Bombyx mori* en la quinta edad, inicia la elaboración del capullo de seda, secretando una sustancia protéica en forma de hilo continuo. Dentro de este capullo el gusano entra a una etapa de hibernación durante el cual comienza su proceso de metamorfosis. Del capullo se obtienen las fibras

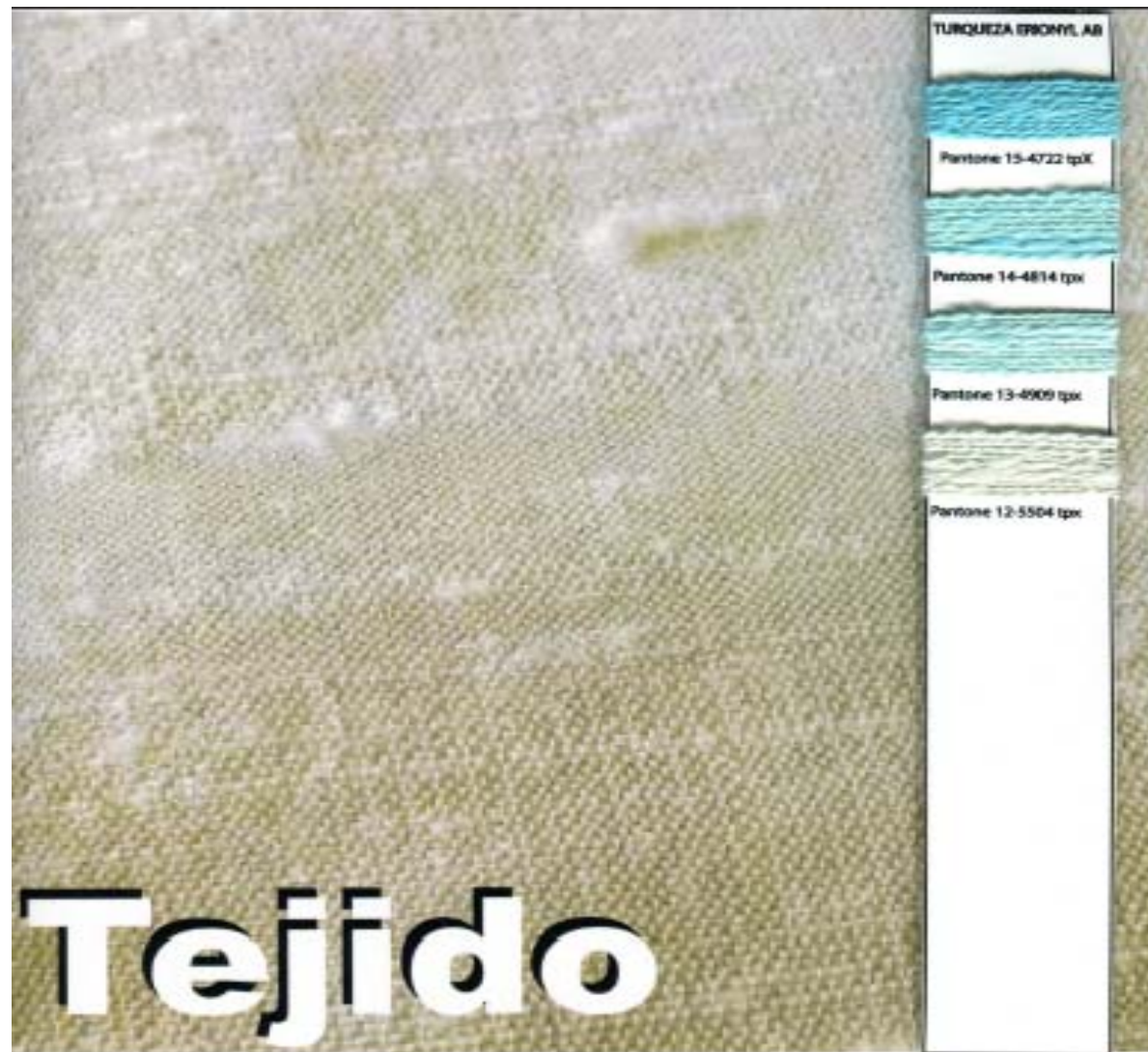


El devanado del capullo de seda se realiza al sumergir los capullos en agua caliente para reblandecer la sericina y de esta manera facilitar que el filamento sea devanado. Se pueden reunir varios filamentos de diferentes capullos para formar un hilo y posteriormente se envuelve en una bobina.



El hilo debe ser resistente y poseer torsiones adecuadas de acuerdo a la aplicación final. Bien sea como hilo de urdimbre o trama para tejido plano, hilos para tejido de punto o para su uso como seda dental.

http://www.crisagull.com/Talleres/Talle%20de%20seda/tejidos_de_seda/tejidos_de_seda.htm



Los tejidos son el resultado final del proceso pueden ser tejido plano o tejido de punto. Una vez realizados los tejidos se elaboran los productos finales, entre los que se encuentran: bufandas, cortinas, pañoletas, ponchos, telas para la confección entre otros.

ANEXO F

PUBLICACIONES

Trabajo aprobado como poster en *The 13th Autex World Textile Conference 2013*, titulado *Evaluation of the dyeing of Colombian organic silk, with GOTS dye*. Elaborado por Melissa Fontalvo Silva, Laura González Echavarría, Catalina, Álvarez López, Horacio Álvarez, Patricia Marino y Adriana Restrepo Osorio. Organizado por *Institute of Textile Machinery and High performance Material technology, Technische Universität Dresden*. Realizado los días del 22 al 24 de mayo del 2013.

Trabajo aprobado como poster en *1st International Conference on Natural fibers*, titulado *Color fastness of chaguar, silk and wool, dyeing with natural dyes*. Elaborado por Melissa Fontalvo Silva, Laura González Echavarría, Catalina, Álvarez López, Horacio Álvarez, Patricia Marino y Adriana Restrepo Osorio. Organizado por *University of Minho*. Realizado los días 9, 10 y 11 de junio del 2013.

Trabajo aceptado en el *XXI Congreso Latinoamericano de Química Textil-Colombia 2013*, titulado *influencia del tipo de acidulante en la tintura de seda con colorantes certificados GOTS*. Elaborado por Melissa Fontalvo Silva, Laura González Echavarría, Catalina, Álvarez López y Adriana Restrepo Osorio. Organizado por *ACOLTEX*. El cual se realizará los días del 3 al 6 de septiembre del 2013.