



**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela Ingeniería Química**

**EVALUACIÓN EN EL EFECTO DEL GRADO DE MERCERIZACIÓN EN LA  
RESISTENCIA DE LOS TEJIDOS PLANOS DE ALGODÓN Y EL GRADO DE  
ABSORBANCIA DE DIFERENTES COLORANTES VINILSULFÓNICOS  
APLICADOS POR EL MÉTODO SEMICONTINUO *COLD PAD BATCH***

**ALEX RAFAEL RIVERA LÓPEZ**  
Asesorado por Ing. **HECTOR PELÁEZ WUG**

**Guatemala, noviembre de 2004**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN EN EL EFECTO DEL GRADO DE MERCERIZACIÓN EN LA RESISTENCIA DE LOS TEJIDOS PLANOS DE ALGODÓN Y EL GRADO DE ABSORBANCIA DE DIFERENTES COLORANTES VINILSULFÓNICOS APLICADOS POR EL MÉTODO SEMICONTINUO *COLD PAD BATCH***

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**ALEX RAFAEL RIVERA LÓPEZ**

ASESORADO POR HECTOR PELÁEZ WUG

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2004

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Planco

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Jaime Domingo Carranza González
EXAMINADOR	Ing. Rodolfo Francisco Espinoza Smith
EXAMINADOR	Ing. Orlando Posadas Valdéz
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Planco

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado

### **EVALUACIÓN EN EL EFECTO DEL GRADO DE MERCERIZACIÓN EN LA RESISTENCIA DE LOS TEJIDOS PLANOS DE ALGODÓN Y EL GRADO DE ABSORBANCIA DE DIFERENTES COLORANTES VINILSULFÓNICOS APLICADOS POR EL MÉTODO SEMICONTINUO *COLD PAD BATCH***

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química con fecha 30 de julio de 2,003

Alex Rafael Rivera López

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS**

Padre amoroso y misericordioso.

### **A MIS PADRES**

Reynaldo Baldomero Rivera Páz.  
Gladys Elizabeth López Martínez.  
Por su amor y apoyo incondicional.

### **A MIS HERMANOS**

Carlos Roberto Rivera López.  
Jessica del Rosario Rivera López.  
Con amor y agradecimiento por su apoyo constante.

### **A MIS ABUELITOS**

Manuel Rubén López.  
Marta Martínez de López.  
Con cariño y agradecimiento por su apoyo.

### **A MI NOVIA**

Gloria Marítza Tejeda Díaz.  
Con todo mi amor.

### **A LA FAMILIA TEJEDA DÍAZ**

Por las atenciones y el cariño brindado.

### **A MIS AMIGOS**

Por brindarme su amistad sincera e incondicional.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	III
<b>GLOSARIO</b>	V
<b>RESUMEN</b>	IX
<b>OBJETIVOS</b>	XI
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XIII
<b>1. LOS TEJIDOS DE ALGODÓN</b>	1
1.1 Fibra de algodón	1
1.1.1 Estructura de la celulosa	3
1.1.2 Acción de los álcalis sobre la celulosa	4
1.1.3 Impurezas de los tejidos celulósicos	5
1.2 Tejidos	5
<b>2. MERCERIZACIÓN LOS TEJIDOS DE ALGODÓN PREVIO A LA TINTURA Y AL ESTAMPADO</b>	7
2.1 Mercerizado	7
2.1.1 Reacción de mercerizado	8
2.2 Algodón mercerizado	11
2.2.1 Brillo del algodón	12
2.2.2 Pérdida de la torsión de la fibras	13
2.3 Valoración de la cantidad de los tejidos mercerizados	13
2.3.1 Método 89-1985 del AATCC mercerización de algodón	14
<b>3. TINTURA DE TEJIDOS DE ALGODÓN POR EL MÉTODO SEMI- CONTINUO (<i>COLD PAD BATCH</i>)</b>	17
3.1 Colorantes	17

3.1.1 Colorantes directos	18
3.1.2 Colorantes de mordiente	18
3.1.3 Colorantes básicos	18
3.1.4 Colorantes tina	18
3.1.5 Colorantes sulfurosos	19
3.1.6 Colorantes azoicos	19
3.1.7 Colorantes oxidativos	19
3.1.8 Colorantes reactivos	19
3.2. Tintura por el método semi-continuo ( <i>cold pad batch</i> )	21
3.3 Control del proceso tecnológico de teñido	22
3.3.1 Colorimetría	22
<b>4. METODOLOGÍA</b>	25
4.1 Recursos materiales	25
4.2 Equipo	25
4.3 Procedimiento experimental	26
<b>5. RESULTADOS</b>	29
<b>6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	45
<b>CONCLUSIONES</b>	51
<b>RECOMENDACIONES</b>	53
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	55
<b>ANEXOS</b>	57
<b>HOJA DE CÁLCULO</b>	63

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Fibra de algodón vista longitudinal y transversalmente	2
2. Estructura de la molécula de celulosa	4
3. Representación del ataque de la soda cáustica sobre la celulosa durante el proceso de mercerizado	9
4. Rompimiento de la valencias de la cadena celulósica en el mercerizado	9
5. Estructuras del álcali-celulosa, celulosa mercerizada y celulosa natural	11
6. Cambios en la sección del algodón durante el mercerizado	12
7. Círculo de color	23
<b>8.</b> Absorbancia del colorante verde en función del número bórico	30
9. Absorbancia del colorante amarillo en función del número bórico	31
10. Absorbancia del colorante rojo en función del número bórico	32
11. Absorbancia del colorante azul en función del número bórico	32
12. Porcentaje del rendimiento de la absorbancia de los colorantes en algodón mercerizado en función del número bórico	34
13. Resistencia a la ruptura de los tejidos de algodón en función del número bórico y las series de hilos	36
14. Incremento porcentual en la resistencia de los tejidos de algodón mercerizado respecto a los no mercerizados en función del número bórico y las series de hilos	37
15. Absorbancia del colorante verde en función de la concentración	39
16. Absorbancia del colorante amarillo en función de la concentración	40
17. Absorbancia del colorante rojo en función de la concentración	41
18. Absorbancia del colorante azul en función de la concentración	42

19. Incremento porcentual del rendimiento de los colorantes teñidos sobre fibras mercerizadas respecto a las no mercerizadas en función de la absorbancia y la concentración empleada	43
---	----

## TABLAS

I. Porcentaje de la absorbancia de los colorantes sobre tejidos mercerizados y sin mercerizar en función del número bórico	29
II. Resistencia de los tejidos mercerizados y sin mercerizar en función del número bórico	35
III. Porcentaje de absorbancia de los tejidos mercerizados y sin mercerizar en función del tipo de colorante y de las distintas concentraciones empleadas del mismo en la tintura	38
IV. Resultados de la corrida experimental para el colorante verde	57
V. Resultado de la corrida experimental para el colorante amarillo	58
VI. Resultados de la corrida experimental para el colorante rojo	59
VII. Resultados de la corrida experimental para el colorante azul	60
VIII. Fuerza de ruptura para tejidos con número bórico 146	61
IX. Fuerza de ruptura para tejidos con número bórico 152	61
X. Fuerza de ruptura para tejidos con número bórico 170	62
XI. Absorbancia media del colorante verde	63

## GLOSARIO

<b>Absorbancia</b>	Capacidad que tiene los objetos de absorber en mayor o menor medida los rayos de luz.
<b>Agentes secuestrantes</b>	Productos auxiliares químicos para la tintura que reducen la dureza del agua, eliminando sodio y magnesio presentes en la misma.
<b>Celulosa</b>	Componente orgánico de estructura química $C_6H_{10}O_5$ , presente en fibras vegetales y animales, como el algodón y le proporciona a este resistencia, flexibilidad y elasticidad.
<b>Descrude</b>	Proceso textil con soda cáustica que se le da a las fibras de algodón mediante el cual se eliminan los satélites de celulosa (sustancias cerosas, pécticas, nitrogenadas y minerales), que pueden presentar problemas a la hora de la tintura.
<b>Dinamómetro</b>	Equipo para medir resistencia de tejidos o hilados, en el cual estos son sometidos a una fuerza para medir su esfuerzo de ruptura.

**Enlace covalente**

Enlace químico en el cual se comparten los electrones.

**Espectrofotómetro**

Equipo de medición de la absorbancia y reflectancia a la luz visible en función de la longitud de onda, para análisis de color.

**Fulardeado**

Método de tintura, mediante el cual es exprimido el colorante impregnado sobre el tejido a través de un cuerpo de fulares o masas cilíndricas.

**Hidrato de celulosa**

Compuesto químico formado de la celulosa lavada del álcali, la cual tiene una estructura porosa y adquiere propiedades de gran absorción.

**Ligamento**

Ley según la cual los hilos se cruzan y enlazan para formar un tejido.

**Lumen**

Núcleo macro capilar de la fibra de algodón, distribuida concéntrica mente en relación al eje.

**Mercerización**

Proceso efimero de tratamiento del tejido con una solución concentrada de sosa cáustica bajo tensión y un correspondiente lavado energético con agua, mediante la cual la celulosa se transforma químicamente proporcionándole a esta ciertas propiedades de brillo y resistencia.

**Reflectancia**

Capacidad que tienen los objetos de reflejar en mayor o menor medida los rayos de luz.

**Trauma**

Serie transversal de hilados que están presentes en un tejido plano.

**Urdimbre**

Serie longitudinal de hilados que están presentes en un tejido plano.



## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se procedió a analizar las variaciones colorísticas y de resistencia de los tejidos planos de algodón cuando son sometidos estos a un proceso denominado mercerización, el cual se realiza antes de la tintura de los tejidos o hilados y consiste en la aplicación de una solución de sosa cáustica y un agente humectante en un proceso continuo sobre el tejido de algodón, aplicándole una ligera tensión y con un posterior lavado para eliminar el álcali.

Para analizar el grado de mercerización que se obtiene sobre el tejido se aplicó el método 89-1985 de la Asociación de Textiles, Químicos y Colorística, obteniéndose por este método un valor del número bórico, el cual es un indicador del grado de mercerización del tejido, este puede ser influenciado por las distintas variables del proceso de mercerización, como lo son la concentración de soda cáustica, la concentración del humectante, las presiones de los fulares exprimidores y la velocidad y tensión aplicadas en el proceso. Así, según el grado de mercerización alcanzando durante el proceso, puede generar variaciones en las propiedades físicas del tejido como lo es la resistencia del mismo y también variaciones en las propiedades colorísticas del mismo a la hora del teñido.

Se analizaron las propiedades de resistencia de los tejidos mercerizados sometiéndolos a tensiones, midiendo de esta forma el esfuerzo de ruptura de los mismos, estableciendo que mientras mayor es el valor del número bórico que se obtiene en el tejido menor el incremento en la resistencia que se obtiene en la fibra mercerizada.

También se analizaron las propiedades colorísticas de los tejidos mercerizados, para esto se empleo el método semi-continuo de tintura por fulardeo, en el cual el tejido entra en contacto con una solución de colorante y luego es exprimido por un cuerpo de fulares. Los colorantes empleados son de la familia de los colorantes reactivos vinilsulfónicos, los cuales se fijan a la fibra mediante una reacción química entre la molécula del colorante y la molécula de la celulosa.

De los resultados obtenidos se pudo observar que se obtuvieron tinturas con mayor grado de intensidad cuando se tiñen fibras que han sido sometidas al proceso de mercerización. Para esto se aplicaron varias corridas a diferentes concentraciones de colorantes, empleando cuatro tipos de colorantes azul, verde, amarillo y rojo.

Obteniendo también que el colorante que mejor se tiñe sobre la fibra mercerizada de los cuatro anteriormente mencionados, es el colorante rojo, seguido por el azul, el amarillo y por último el verde, y en todos colorantes se obtiene mayor rendimiento de los mismos cuando se emplean concentraciones bajas en la tintura.

## **OBJETIVOS**

- **General**

Evaluación de la respuesta al teñido de los tejidos de algodón mercerizado, en función del tipo de colorante, el grado de mercerización y la concentración empleada del mismo, en base a la medición del esfuerzo de ruptura y la medición espectrofotométrica de las fibras de algodón teñidas.

- **Específicos**

1. Establecer una relación entre el grado de mercerización de los tejidos y el rendimiento de los colorantes reactivos vinilsulfónicos en la tintura de estos por el método semi-continuo.
2. Establecer una relación entre el grado de mercerización de los tejidos y la concentración de colorante empleada para la tintura de los mismos por el método semi-continuo.
3. Establecer una relación entre el grado de mercerización de los tejidos y la resistencia de los tejidos sometidos a este proceso.



## INTRODUCCIÓN

Los tejidos de fibras de algodón son de los más antiguos producidos a través de la historia. Actualmente se han desarrollado otros tipos de fibras sintéticas cuyas características y propiedades han hecho que los procesos de fibras naturales como el algodón, sean modificados con el fin de obtener propiedades más significativas sobre la fibra.

El proceso de mercerización es un proceso que se aplica sobre tejidos planos o hilados los cuales son tratados con soda cáustica y una tensión aplicada sobre el urdimbre del tejido, con el fin de mejorar el proceso de tintura y las propiedades de la fibra.

En el presente estudio se analizaron las propiedades físicas y tintóreas de las fibras que son sometidas al proceso de mercerizado, obteniéndose incrementos en la intensidad de los tonos obtenidos, en el proceso semi-continuo de tintura, cuando se emplean fibras mercerizadas, más sin embargo este proceso debe de ser controlado ya que también se pudo observar que al incrementar el grado de mercerización de los tejidos hay una merma en la resistencia de los mismos. Concluyendo de esta forma que los tejidos que son sometidos al proceso de mercerización poseen mayores propiedades colorísticas de absorción del colorante en la tintura de los mismos, pero a su vez hay deficiencias en las propiedades de resistencia de los tejidos.

## 1. LOS TEJIDOS DE ALGODÓN

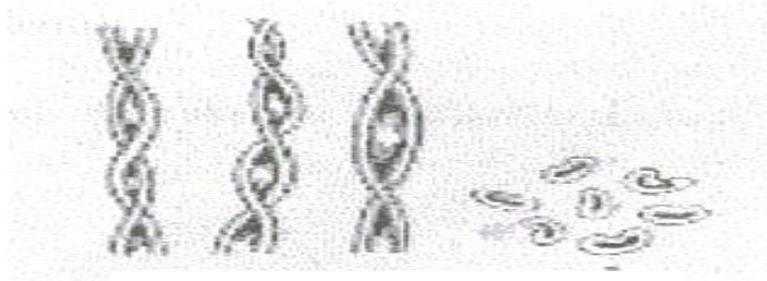
Las fibras textiles pertenecen a la clase de compuestos macromoléculas. Estas poseen resistencia, flexibilidad, elasticidad y se utilizan para elaborar tejidos y otros artículos textiles. Las fibras por su origen y composición química se dividen en:

- Naturales: de origen vegetal, tales como el algodón, lino, cáñamo y yute; y de origen animal como la seda y la lana.
- Químicas: artificiales, obtenidas fundamentalmente de celulosa como la viscosa, cuproamoniacaes, de acetato; y sintéticas, obtenidas fundamentalmente de resinas clorovinílicas, polivinílicas, poliacrílicas y poliésteres como el clorín, nitron, crapon, lavsan, etc.

### 1.1 Fibra de algodón

El algodón es, en sí, obtenido de las cápsulas del algodouero. El algodouero es una planta de cultivo que se cosecha en las regiones con clima caluroso. La calidad de la fibra se determina por su longitud, grosor, resistencia y grado de madurez. La fibra de algodón tiene la fórmula de una cinta plana, torcida en forma de espiral como se muestra en la figura 1, en la que se distinguen dos capas o paredes, la primaria y la secundaria, las cuales están distribuidas concéntricamente en relación con su eje.

**Figura 1. Fibra de algodón vista longitudinal y transversalmente**



La capa primaria de la fibra es una nube exterior fina; esta contiene la mayor cantidad de impurezas naturales (sustancias pécticas, ceras, grasas y otras). La pared secundaria es la principal de la fibra y se compone fundamentalmente de celulosa. La composición química de la fibra es la siguiente:

- Celulosa del 94.5 al 96%;
- Ceras y grasas del 0.5% al 0.6%;
- Sustancias Pécticas del 1% al 2%;
- Sustancias nitrogenadas del 1% al 2%;
- Sustancias minerales 1.14%;
- Otras sustancias 1.32%.

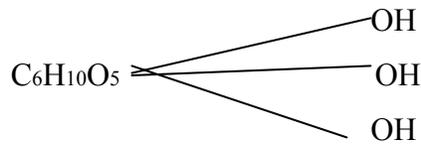
La calidad de la fibra se determina por su longitud, grosor, resistencia y grado de madurez. La longitud oscila entre los límites de 12 m.m. y 50 m.m.; el grosor de 15  $\mu$  a 24  $\mu$ ; la resistencia a la rotura igual a 0.4 N – 0.5 N ; y el alargamiento promedio antes de la rotura o elongación es del 8%. La fibra de algodón es higroscópica, y en condiciones normales de humedad relativa del aire, esta contiene de 6% a 8% de humedad.

La sustancia fundamental del algodón, como la de otras fibras vegetales, es la celulosa. Esta le comunica a la fibra resistencia, flexibilidad, elasticidad y otras valiosas propiedades, necesarias para la obtención de la hilaza, tejidos, etc.

### 1.1.1 Estructura de la celulosa

La fórmula empírica de ésta es:  $(C_6H_{10}O_5)_n$ .

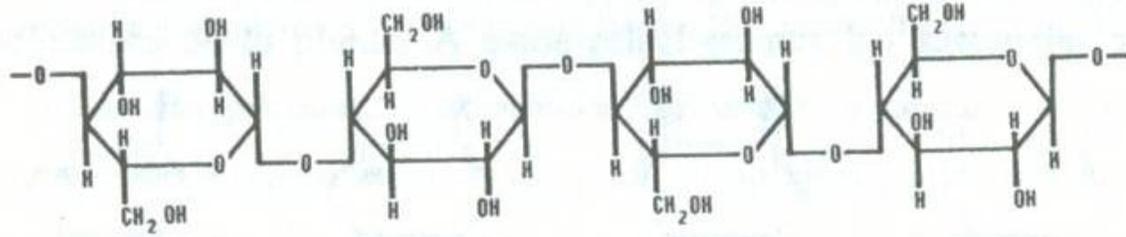
El eslabón fundamental de la celulosa -  $C_6H_{10}O_5$  – está compuesta por 3 grupos hidroxilos.



Los eslabones están unidos entre si por una unión cetálica a través de una unión  $\beta$ 1- $\gamma$ , y como resultado de esto se forma una cadena de valencias básicas de la macromolécula. La presencia de los grupos hidroxilos le da a la celulosa la capacidad de formar éteres y esteres y con los álcalis, alcoholatos y otros compuestos.

La destrucción de la fibra ocurre a causa de las rupturas de los enlaces glucosídicos. La molécula de la celulosa tiene la estructura lineal que se muestra en la figura 2.

**Figura 2. Estructura de la molécula de celulosa**



### 1.1.2. Acción de los álcalis sobre la celulosa

La celulosa es estable a la acción de las soluciones diluidas de álcalis. Mediante el tratamiento con solución de hidróxido de sodio, a concentraciones de 10 g/l a 15 g/l, la celulosa prácticamente no cambia. En presencia de oxígeno del aire a altas temperaturas (120 °C-140 °C) el tratamiento con la solución de álcalis puede contribuir a la oxidación de la celulosa.

En caso de una acción ínfima de una solución concentrada de soda cáustica (240 g/l-280 g/l) a una temperatura de 25°C, la celulosa de la fibra se hincha rápidamente, adquiriendo brillo y aumentando su capacidad de reacción. Mediante esto suceden procesos químicos con la formación de álcali celulosa ( $C_6H_{10}O_5 \cdot NaOH$ ) y del compuesto del tipo alcoholato ( $C_6H_9O_4ONa$ ). A este proceso se le denomina Descruce de algodón.

La celulosa lavada del álcali recibe el nombre de hidrato de celulosa. Químicamente, el hidrato no se diferencia de la celulosa inicial, pero tiene una estructura porosa, gracias a la cual posee propiedades de gran absorción. Estas propiedades resultan positivas para el teñido y estampado de los tejidos.

### **1.1.3. Impurezas de los tejidos celulósicos**

La celulosa tiene satélites de celulosa, que son aquellos que se forman en el proceso de crecimiento de la planta. A estos relacionamos las sustancias ya mencionadas: grasas y ceras, sustancias pécticas, nitrogenadas, minerales y sustancias colorantes.

Por su naturaleza química, estos se consideran compuestos complejos, y su composición exacta hasta el momento, no está establecida. Algunas de estas sustancias se eliminan con facilidad de la fibra, con el tratamiento de la misma con agua caliente; para la eliminación de las otras, se exige un tratamiento más complicado: el descruzado y el blanqueo.

## **1.2. Tejidos**

Con el nombre de tejido se conoce el género obtenido en forma de lámina más o menos resistente, elástica y flexible, mediante cruzamiento y enlace de dos series de hilos: una longitudinal y otra transversal.

El surtido de los tejidos es extraordinariamente variado. En dependencia del tipo de fibra empleada, los tejidos se pueden dividir en dos grupos:

1. Los tejidos preparados de una fibra cualquiera (lino, algodón, lana) llamados homogéneos.
2. los tejidos que contienen fibras de varios tipos llamados heterogéneos (algodón con lavsán, lino con viscosa, etc.).

Otra forma de clasificar los tejidos es según el método de ligamento empleado a la hora de tejer. Hay tejidos que están formados por un solo hilo que se enlaza consigo mismo, como por ejemplo el género de punto, el ganchillo, etc. Otros están formados por una serie longitudinal de hilos que se cruzan y se enlazan perpendicularmente con los de otra serie transversal, a los que se les llama tejidos planos.

La serie longitudinal de hilos recibe el nombre de Urdimbre y cada uno de los elementos que la constituyan se denomina hilo. La serie transversal recibe el nombre de Trama y cada una de sus unidades se denomina pasadas.

## **2. MERCERIZACIÓN DE LOS TEJIDOS DE ALGODÓN PREVIO A LA TINTURA Y AL ESTAMPADO**

Las principales operaciones de las cuales se compone la preparación de los tejidos para el teñido estampado son:

Chamuscado, desencolado, descruzado, mercerizado, blanqueo, acidificación, lavado, exprimido, secado y rameado.

La mayoría de estos procesos se realizan a la continua, aunque se pueden realizar por el método periódico, pero el primero resulta ser mas moderno y económicamente ventajoso. Y la finalidad de los mismos es eliminar las impurezas que influyen negativamente durante el teñido o el estampado.

### **2.1 Mercerizado**

Bajo esta denominación se comprenden aquellos procedimientos mediante los cuales se confiere a las fibras celulósicas, un brillo permanente, análogo a la seda, como consecuencia de una serie de fenómenos de índole físico - química, que comunica a la fibra una mayor capacidad absorbente de los colorantes por medio de los álcalis, a la vez que produce determinados cambios en el aspecto físico, tales como la retracción del intersticio de los canales micro capilares y el hinchamiento del polímero.

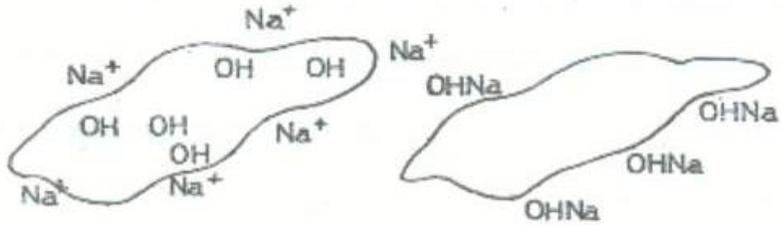
Este proceso de naturaleza fisico-química tiene varias fases, tal como se indica a continuación:

- **Primera fase:** Una solución de soda cáustica a una concentración de 20% penetra a través de la fibra pasando por los canales micro capilares, lo cual da origen a una posterior orientación de las micro fibrillas en el interior de la misma, originando un pequeño deslizamiento entre micro fibras hacia el eje de la fibra, originando una mayor resistencia de las fibras a la tracción.
- **Segunda fase:** La solución de soda cáustica penetra a través de la cutícula de la micro fibrilla y pasa en solución molecular al interior de la misma a través de los canales micro capilares. También en este caso se efectúa una nueva orientación en relación al eje de la fibra.
- **Tercera Fase:** Una vez la solución de soda cáustica se encuentra dentro del micro capilar, ya actúa sobre las cadenas moleculares de la celulosa. La magnitud de esta reacción depende de la concentración de soda empleada. Se observa que para concentraciones comprendidas entre el 12 y el 19% el producto que se forma es una álcali celulosa del tipo  $(C_6H_{10}O_5)_2 NaOH$ . Para concentraciones mayores del 22% el producto formado es  $(C_6H_{10}O_5) NaOH$ .

### 2.1.1 Reacción de mercerizado

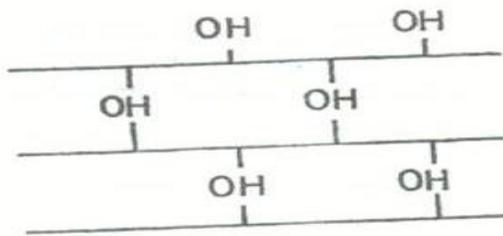
Al penetrar la solución de soda cáustica a través de los canales microcapilares, los agregados micelares se encontraran completamente rodeados de iones de sodio, como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 3. Representación del ataque de la soda cáustica sobre la celulosa durante el proceso de mercerizado**



Estos iones de sodio ejercen una atracción sobre los iones  $\text{OH}^-$  que forman parte de los núcleos celulósicos. Esta atracción actúa en forma tal, que hace que se vayan situando en la superficie del agregado, para lo cual es necesario que rompan las valencias residuales que las unen con la cadena molecular como se muestra en la figura 4.

**Figura 4. Rompimiento de la valencias de la cadena celulósica en el mercerizado**

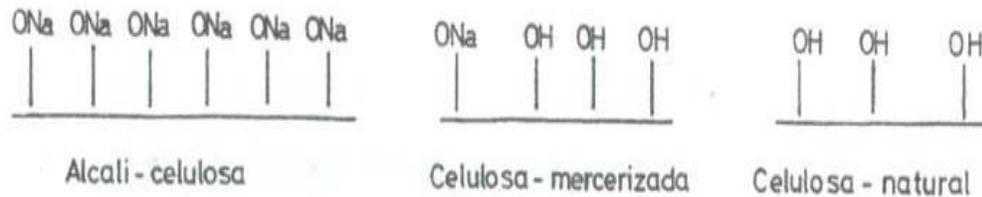


Al romperse estas valencias residuales les ocurre que, en los espacios intermoleculares, se hacen más fáciles de atravesar por las soluciones líquidas, ya que falta la red de valencias residuales que lo impiden. Ello da origen a que se cree una diferencia de presión osmótica entre la superficie del agregado y su interior, siendo mayor dicha superficie, lo cual es la causa de que las soluciones de soda cáustica penetren en el interior del agregado y que llegué la reacción a su consecuencia más interna. Esta reacción será posible hasta que los enlaces  $H^+$ , o fuerzas que mantienen unidos los grupos  $OH^-$ , sean lo suficiente fuertes para oponerse a la atracción de los iones de sodio del exterior del agregado. Debido a esto las celulosas degradadas de bajo grado de polimerización en las que existen pocos grupos  $OH^-$  en relación con la celulosa nativa, se dejan atacar mas fácilmente por los iones  $Na^+$ , dando origen a los mono, di y trialcalicelulosa.

Si durante el proceso de mercerización dejamos que la reacción se efectúe hasta su último grado, podríamos llegar a efectuar una dispersión de la celulosa, lo cual daría origen a una solución de tipo viscosa de propiedades completamente diferentes a las de la fibra mercerizada, por ello es necesario detener la reacción en un punto tal que dicha dispersión sea controlada, lo que se consigue mediante la eliminación del álcali de la celulosa por medio de agua, formando un hidrato de celulosa de constitución  $(C_6H_{10}O_5) \cdot H_2O_n$ , que denominados celulosa mercerizada.

Este incremento en la capacidad de hidratación de la celulosa es permanente y parece ser debido a la existencia de una concentración mas elevada de grupos  $OH^-$  en la superficie de la celulosa mercerizada, que de la natural.

**Figura 5. Estructuras del álcali-celulosa, celulosa mercerizada y celulosa natural**



La acción del NaOH debe limitarse a la destrucción de algunos enlaces de hidrógeno existentes entre las cadenas celulósicas, sin dar origen a un grado elevado de dispersión. Esta limitación, se consigue por medio del lavado con agua, estableciéndose otra vez los enlaces de hidrógeno pero en proporción menor a los existentes en la celulosa sin mercerizar, con los que se crea una celulosa menos cristalizada.

## 2.2 Algodón mercerizado

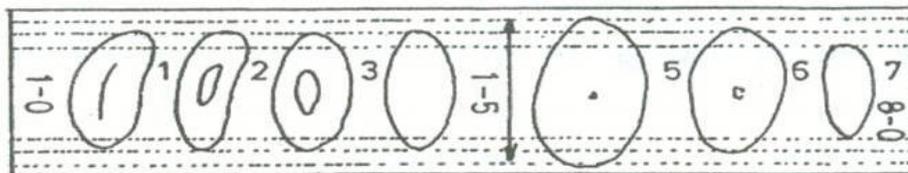
Cuando la fibra de algodón se somete a la acción de una lejía de sosa cáustica de concentración aproximada de 20 °Bé. Durante unos tres minutos y se leva a continuación de la misma, en mayor o menor grado, según se haya o no, dejado a la fibra encoger libremente. Dichos cambios, se manifiestan por una pérdida de las vueltas de torsión de la fibra, un encogimiento de la misma, una pérdida de su canal y un aumento de resistencia.

### 2.2.1 Brillo del algodón

Siendo el factor determinativo de la operación de mercerizado, el obtener un mejoramiento del brillo natural de la fibra de algodón, es evidente que los efectos logrados en igualdad de otras condiciones, dependerán del brillo natural poseído por la fibra antes de ser sometida a la operación de mercerizado, obteniéndose tejidos mas brillantes cuando las fibras empleadas sean de tal naturaleza, que posean en su estado natural un mayor índice de brillo. Por lo general los algodones de fibras largas son los más idóneos para el mercerizado, además que la naturaleza de la cutícula y el espesor de las paredes de la fibra, tienen también una gran importancia en el brillo final obtenido.

La sosa cáustica origina modificaciones en la sección transversal de la fibra, por lo que la relación entre sus diámetros sea lo más próxima a la unidad para conseguir el máximo efecto de brillo. Cuando una fibra se somete a un tratamiento con NaOH a 20°Be, experimenta un hinchamiento notable al cabo de pocos segundos, transformándose su sección aplastada en elíptica por lo que se tiene un incremento en el espesor de las paredes de la fibra y una disminución del canal interior, lo cual se puede observar de las paredes de la fibra y una disminución del canal interior, lo cual se puede observar en la siguiente figura.

**Figura 6. Cambios en la sección del algodón durante el mercerizado**



Luego tiene lugar un gran aumento del diámetro, de un 20 al 30% del inicial, reduciendo a su vez el lumen a su mínima dimensión. Cuando la fibra se lava, tiene lugar un encogimiento, el cual se hace más potente en el secado posterior.

### **2.2.2 Pérdida de la torsión de las fibras**

Al someter la fibra de algodón a la acción de la NaOH pierde las vueltas de torsión, este fenómeno es el fundamento de uno de los procedimientos para determinar si un algodón ha sido mercerizado; para ello se cogen unas 100 fibras, se colocan en un micrómetro y se corta una preparación de 0.2 mm. de longitud, se pone la preparación en la platina de un microscopio observando el un número de fibras en las que han desaparecido las vueltas de torsión. Si hallamos un número superior a 20, el algodón está suficientemente mercerizado, y si el número de fibras no llega a 10 está poco mercerizado, a esta cifra se le llama número de desenrollado.

## **2.3 Valoración de la cantidad de los tejidos mercerizados**

Durante el mercerizado pueden aparecer en el tejido una serie de defectos como, la orilla oxidada, etc. Para eliminar este y otros defectos, es necesario controlar constantemente el estado del equipo, las concentraciones de sosa cáustica, la cantidad del lavado, el grado de exprimido del tejido a la salida del baño mercerizador y el grado de mercerizado.

Para el análisis de tejidos mercerizados se requieren métodos que tengan aplicaciones generales y no solo se ajusten a los requisitos específicos de determinados laboratorios. Hay varias asociaciones que establecen métodos para el análisis de las fibras, La AATCC propone un método de laboratorio para el análisis del grado de mercerización de los tejidos de algodón.

### 2.3.1 Método 89-1985 del AATCC mercerización de algodón

El propósito de este método es la determinación del grado de mercerización de los tejidos de algodón comparándolos con una muestra de algodón no mercerizada. El principio es que el algodón mercerizado posee una mayor capacidad de absorción que el algodón sin mercerizar, por lo que al someter una muestra de algodón mercerizado con una solución de hidróxido de bario absorberá mayor cantidad de álcali que el algodón sin mercerizar.

- a) Se agrega una muestra de 2 gramos de algodón mercerizado a 30 ml. de una solución 0.25/V de Ba(OH)<sub>2</sub> y se mantiene en contacto durante 2 horas en un baño de agua entre 20 a 25 °C.
- b) Se toman 10 mililitros de esta solución y se titulan con una solución 0.1 N de HCl utilizando fenolftaleína como agente indicador.
- c) Se repiten los pasos a) y b) utilizando una muestra de 2 gramos de algodón sin mercerizar.
- d) Se titulan 10 mililitros de la solución de Ba(OH)<sub>2</sub> sin entrar en contacto con el tejido con la solución de HCl.
- e) El grado de mercerizado se calcula a través del número bórico que se obtiene por la siguiente fórmula:

$$Nb = \frac{a-b}{a-v} * 100$$

Donde:

a: Es la cantidad de milímetros de la solución de HCl que se consumen en la valoración de la solución sin tejido.

b: Es la cantidad de milímetros de la solución de HCl que se consumen en la valoración de la solución con la muestra de tejido mercerizado.

v: Es la cantidad de milímetros de la solución de HCl que se consumen en la valoración de la solución con la muestra de tejido sin mercerizar.

Nb: Es el número bórico el cual si oscila entre 100 a 105 indica un grado bajo de mercerización y con valores arriba de 140 indica una reacción completa entre el algodón y el baño de mercerizado; valores intermedios indican reacción incompleta y un grado medio de mercerización.



### **3. TINTURA DE TEJIDOS DE ALGODÓN POR EL METODO SEMICONTINUO (*COLD PAD BATCH*)**

#### **3.1 Colorantes**

Los colorantes son sustancias compuestas orgánicas, que producen un alto grado de coloración sobre algunas fibras. El teñido de los materiales textiles permite mejorar el aspecto exterior de los mismos, los dota de una tonalidad defensora, etc. El color de los colorantes se debe al resultado de la absorción de estos por la fibra, de determinadas regiones del espectro continuo de la luz blanca que incide. El ojo humano los toma como teñidos o coloreados, por lo que el color depende de la calidad de los rayos absorbidos y correspondientemente reflejados.

Los colorantes técnicos elaborados en las fábricas no son compuestos químicos puros, sino mezclas en las cuales se incluyen sustancias iniciales no reaccionantes, tales como, las sales minerales, diferentes agregados, el agua, etc. De las sales, el cloruro de sodio y el sulfato de sodio son las que se encuentran en mayor cantidad, ya que con la ayuda de estas se produce el desprendimiento de los colorantes, y además contribuye al establecimiento de la concentración del colorante, en dependencia del tipo. Los colorantes se producen en polvos secos que contienen una cantidad de humedad insignificante, o también en forma de pastas las cuales tienen mayor cantidad de humedad. Para la aplicación del colorante en el material textil, este se lleva a su estado soluble por una continua disolución en agua. Los colorantes se pueden clasificar en clases o grupos que se emplean para el teñido de fibras celulósicas:

### **3.1.1 Colorantes directos**

Son solubles en agua, tienen afinidad con las fibras celulósicas, gracias a los cual las tiñen directamente en el baño, en medio neutral o debidamente alcalino.

### **3.1.2 Colorantes de mordiente**

Son solubles en agua, no tienen afinidad con las fibras celulósicas y las tiñen después de un tratamiento previo con sales de metales pesados (Aluminio, Cromo, Hierro), con las cuales, los colorantes forman una sal de difícil disolución, denominada laca.

### **3.1.3 Colorantes básicos**

Son solubles en agua (mejor agregando alcoholes, ácido acético, etc.), no tienen afinidad con la fibra celulósica y la tiñen mediante un tratamiento previo con una mordiente antimónica de tanino, con lo cual los colorantes forman sales difíciles de disolver.

### **3.1.4 Colorantes tina**

No son solubles en agua. Para el teñido se lleva a su estado soluble por medio de la reducción del colorante con hidrosulfito de sodio en medio básico, formándose la sal sódica del leucocompuesto que es recogida del baño por las fibras celulósicas. Oxidando el leucocompuesto con el oxígeno del aire o con otros oxidantes, se obtiene nuevamente el colorante insoluble de partida, sosteniéndose fuertemente en los poros de las fibras.

### **3.1.5 Colorantes sulfurosos**

Son insolubles en agua; para el teñido se llevan a su estado soluble por medio de la reducción con sulfuro de sodio. Mediante la oxidación con el oxígeno del aire, en el tejido se forma nuevamente el colorante insoluble de partida.

### **3.1.6 Colorantes azoicos**

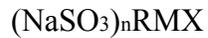
Son colorantes que se forman en la fibra. La tonalidad se obtiene con la ayuda de dos operaciones: impregnación de la fibra o del tejido con una solución alcalina del azocomponente y con la correspondiente impregnación en la solución del diazo-compuesto.

### **3.1.7 Colorantes oxidativos**

Son insolubles en agua, se forman en la fibra celulósica por la oxidación, con oxidantes químicos, de algunas aminas aromáticas fácilmente oxidables.

### **3.1.8 Colorantes reactivos**

Son solubles en agua, y se fijan fuertemente en la fibra, formando un enlace químico covalente en medio alcalino. Los colorantes triazínicos de fibras celulósicas se forman por enlaces del tipo ésteres. Los colorantes monoclorotriazínicos poseen menos reactividad, en comparación con los diclorotriazínicos y se recomiendan, fundamentalmente para el estampado. Los colorantes reactivos pirimidínicos por sus propiedades son análogos a los colorantes monoclorotriazínicos. Los colorantes reactivos vinilsulfónicos, forman con la celulosa un enlace tipo éter. La estructura general de estos colorantes reactivos puede ser representada por el siguiente esquema:



Donde:

R: Es el radical del colorante, o sea, la parte de la molécula de la cual depende, fundamentalmente, el color de la coloración.

X: Es el átomo o grupo de átomos que se desprenden en el proceso de interacción del colorante reactivo con la fibra.

M: Es el grupo que se une al radical del colorante como el átomo o el grupo de átomos.

X: Llamado puente, M + X es el grupo activo.

n: Es el número de grupos sulfónicos que dan solubilidad al colorante.

El puente enlaza directamente el colorante con la fibra, por esta causa de la estructura del puente depende en primer lugar la estabilidad del colorante a los tratamientos en húmedo. Los colorantes reactivos reaccionan con la celulosa en medio alcalino por el siguiente esquema:



Para aumentar la velocidad de reacción y la utilización del colorante, se recurre a la elevación de la temperatura y a la adición de algunas sales como sulfato de sodio, cloruro de sodio, etc.

Mediante el aumento de la temperatura aumenta la velocidad de difusión del colorante en la fibra, pero esto puede provocar irregularidades en el teñido debido a que la velocidad de reacción de incrementa la velocidad de la reacción se puede disminuir, disminuyendo la alcalinidad del baño, lo cual logra empleando bicarbonato de sodio en vez de carbonato de sodio. La velocidad de reacción debe de ser controlada de tal modo que todo el colorante reaccione hasta el final del proceso de teñido.

Los colorantes reactivos son de gran demanda en la actualidad, ya que dan coloraciones brillantes y poseen elevadas solídecas a los tratamientos en húmedo y a la fricción, así como a la luz. La coloración y el grado de fijación se puede evaluar mediante un análisis espectrofotométrico de los colores, analizando la longitud de onda y reflectancia del color obtenido, determinando de esta forma el tono e intensidad que se obtuvo. El teñido con colorantes reactivos se puede realizar por métodos periódicos, por métodos semi continuos, o por métodos continuos.

### **3.2. Tintura por el método semi – continuo (*cold pad batch*)**

Para realizar el teñido por este método, el tejido se impregna con una solución de colorante reactivo en presencia de álcali. La solución del teñido se prepara diluyendo el colorante en el 80% del volumen de agua empleada para el proceso, y el restante 20% se emplea para la disolución del álcali (carbonato de calcio). Ambas soluciones se mezclan antes de la impregnación y se trasladan a un fular de tres masas en donde se impregna el tejido con la mezcla antes mencionada. La velocidad que se le da al tejido es de 40 a 60 m/min. y se exprime en el fular alrededor del 70 al 80%. Luego el tejido impregnado con la solución teñidora y exprimiendo entre masas, se enrolla en el rulon o rollo, el cual esta montado en una instalación de traslación.

El tejido en el rollo se envuelve bien con un forro de tejido grueso o con un lienzo de polietileno para evitar que este se seque, y se pone a reposar alrededor de 20 a 24 horas en apoyos especiales o en carros de reposo, con un movimiento giratorio lento de 8 a 10 rev/min.

### **3.3 Control del proceso tecnológico de teñido**

Para obtener buenos resultados durante la tintura es necesario medir periódicamente el peso de los colorantes y de los agentes químicos auxiliares, así como el orden de adición de los mismos, las temperaturas de los procesos, etc.

Para el consumidor tiene gran importancia la calidad de la coloración de los tejidos y su resistencia. Actualmente la calidad de coloración se puede medir por medio de espectrofotometría, en la cual se miden la longitud en onda y la absorbancia de cada color obtenido durante la tintura. Esta tecnología ha avanzado últimamente, encontrándose ahora en el mercado espectrofotómetros electrónicos que con la ayuda de un software miden valores de longitud de onda y reflectancia, para de esta forma calcular la calidad de la tintura obtenida en la fibra.

#### **3.3.1 Colorimetría**

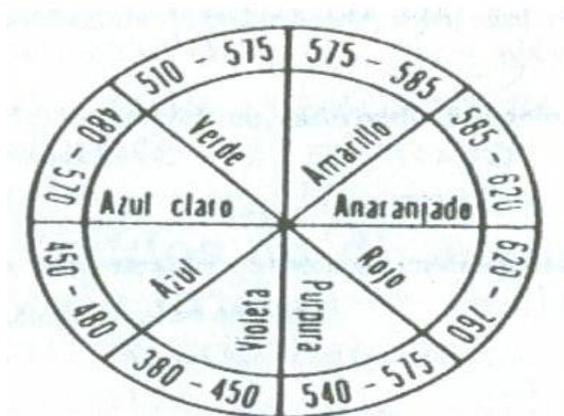
Los conceptos de color y luz son inseparables. La sensación del color surge a consecuencia de la acción de la luz sobre los órganos de visión del ojo humano. La energía lumínica es uno de los tipos de oscilaciones electromagnéticas.

Las radiaciones electromagnéticas se transmiten en forma de ondas y se caracterizan por su longitud de onda y su reflectancia.

La longitud de onda es la distancia que hay entre dos crestas de la onda, es la parte visible del espectro, se mide en nanómetros (1 nanómetro es igual a  $10^{-9}$  m). Las radiaciones que tienen una misma longitud de onda, pero poseen distinta amplitud o reflectancia dan como resultado una luz igual pero con diferente intensidad.

Los límites de la parte visible del espectro se consideran las ondas electromagnéticas con una longitud de onda de 380 nm hasta 760 nm. Las ondas de luz que se encuentran en este intervalo, al actuar sobre el ojo humano producen la sensación de color. La luz solar, así como la luz eléctrica, es heterogénea, es decir que están compuestas por ondas electromagnéticas que tienen todas las longitudes de onda de la parte visible del espectro. Un haz de luz al atravesar un prisma de cristal, forma un espectro continuo, en el cual los colores se van sucediendo en el orden siguiente: rojo, naranja, amarillo, verde, azul claro, azul oscuro y morado. Cada uno de estos colores del espectro, corresponde siempre a una longitud de onda determinada y se consideran colores simples o monocromáticos, las longitudes de onda para estos se representan en el siguiente círculo de color:

**Figura 7. Círculo de color**



El color de un objeto depende de la capacidad que tenga el mismo de reflejar o absorber, en mayor o menor medida los rayos de luz. Así un color parece claro u oscuro en medida de la cantidad de luz que él refleja. Si un cuerpo refleja todos los rayos de luz que inciden sobre él, ese cuerpo será blanco. Si un cuerpo absorbe todos los rayos de luz, entonces, ese cuerpo se ve negro. El color de un cuerpo no es más que la parte de rayos de luz del espectro que el mismo refleja, todos los demás rayos los absorbe o los deja pasar a través de sí.

## **4. METODOLOGÍA**

### **4.1 Recursos materiales**

Para la elaboración de la presente investigación se emplearon los siguientes materiales:

- a) Tejidos planos de algodón 100% mercerizado y sin mercerizar con peso de 7.2 onz/yd<sup>2</sup> y título de hilados 20/1 denier.
- b) Colorantes reactivos vinilsulfónicos de color verde auxidren BL, rojo cibacron FNR, azul cibacron FNR y amarillo cibacron FN-2R.
- c) Carbonato de sodio al 98% grado industrial, urea al 95% de pureza, ácido clorhídrico glacial al 98%, hidróxido de bario grado industrial, soda cáustica 36 °Be y 20 °Be, fenolftaleina y agua.
- d) Agente humectante, agente secuestrante de sales de calcio y magnesio, agente antirreductor de colorantes reactivos, detergente industrial líquido alcalino.

### **4.2 Equipo**

- a) Balanza electrónica Ohaus modelo CD-31 con capacidad máxima de 1000 g.
- b) Termómetro con escala en grados celsius.
- c) Beakers de 100 y 1000 ml. , espátula, varilla de agitación, pipetas volumétricas, perilla de succión, balón aforado de 100 ml.

- d) Equipo exprimidor de fulares para tintura continua.
- e) Espectrofotómetro electrónico marca Spectroflash modelo SF-600 plus, No. se catálogo 1200-1079.
- f) Datacolor Program Shell, software para la medición espectrofotométrica, versión 3.4, para sistema operativo Windows 95.
- g) Equipo para titulación, con buretas de 100 ml.
- h) Equipo de mercerización a la continua sin cadena.
- i) Horno Salvis AG, Luzern.
- j) Plancha marca Philips, Diva.
- k) Dinamómetro marca Scot Tensor Testers, Modelo J, con escala de 0 a 250 cN.

### **4.3 Procedimiento experimental**

- a) Cortar una yarda cuadrada de un tejido de algodón.
- b) Pasar media yarda de tejido por el equipo de mercerizado que consiste en un ejemplo a la continua sin cadena que ejerce tensión en el urdimbre y la tela se impregna con un baño de una solución de soda cáustica a 20 °Be y 1.0 g/l de humectante, y luego se exprime la tela por medio de fulares hasta obtener un 70% de pick-up o exprimido.

- c) Cortar 36 pedazos de tela de 12 \* 10 cm, de la tela mercerizada y 36 pedazos de tela de 12 \* 10 cm, de la tela que no se mercerizó.
- d) Preparar las soluciones de los siguientes colorantes reactivos vinilsulfónicos: azul, amarillo, verde y rojo a diferentes concentraciones 0.5%, 1.0% y 1.5%.
- e) Tomar 100 ml. de la solución de azul al 0.5% y adicionar los auxiliares para tintura (Humectante, agente antirreductor de colorante, secuestrante de sales, soda ash y urea).
- f) Impregnar una muestra de tela mercerizada con el baño de tintura y exprimirla al 70% en el equipo de fulares.
- g) Secar la muestra en el horno durante 30 minutos.
- h) Lavar la muestra con detergente y agua a 90°C, exprimir y secar en plancha.
- i) Repetir los pasos del 5 al 8 por triplicando para cada una de las diferentes concentraciones de cada colorante.
- j) Tomar cada una de las muestras teñidas de los tejidos mercerizados y sin mercerizar medir el porcentaje de absorbancia determinada espectrofotométricamente por su longitud de onda y de esta forma medir la intensidad del color, tanto para las muestras teñidas sobre concentración de colorante y para cada uno de los diferentes colorantes empleados.
- k) Tomar una muestra de 2 gramos de tejido mercerizado y colocarlo en 30ml. de una solución de hidróxido de bario 0.25 N durante 2 horas a una temperatura de 25° C.

- l) Tomar 10 ml. de la solución de hidróxido de bario que estuvo en contacto con la tela y titularlo con una solución 0.1 N de HCl usando fenolftaleína como indicador de la neutralización.
  
- m) Repetir los pasos 11 y 12 por duplicado.
  
- n) Repetir el paso 12 con 10 ml. de la solución de hidróxido de bario 0.25 N que no haya estado en contacto con algún tejido.
  
- o) Con los datos obtenidos de la valoración proceder a calcular el número bórico para los tejidos empleados en las tinturas.

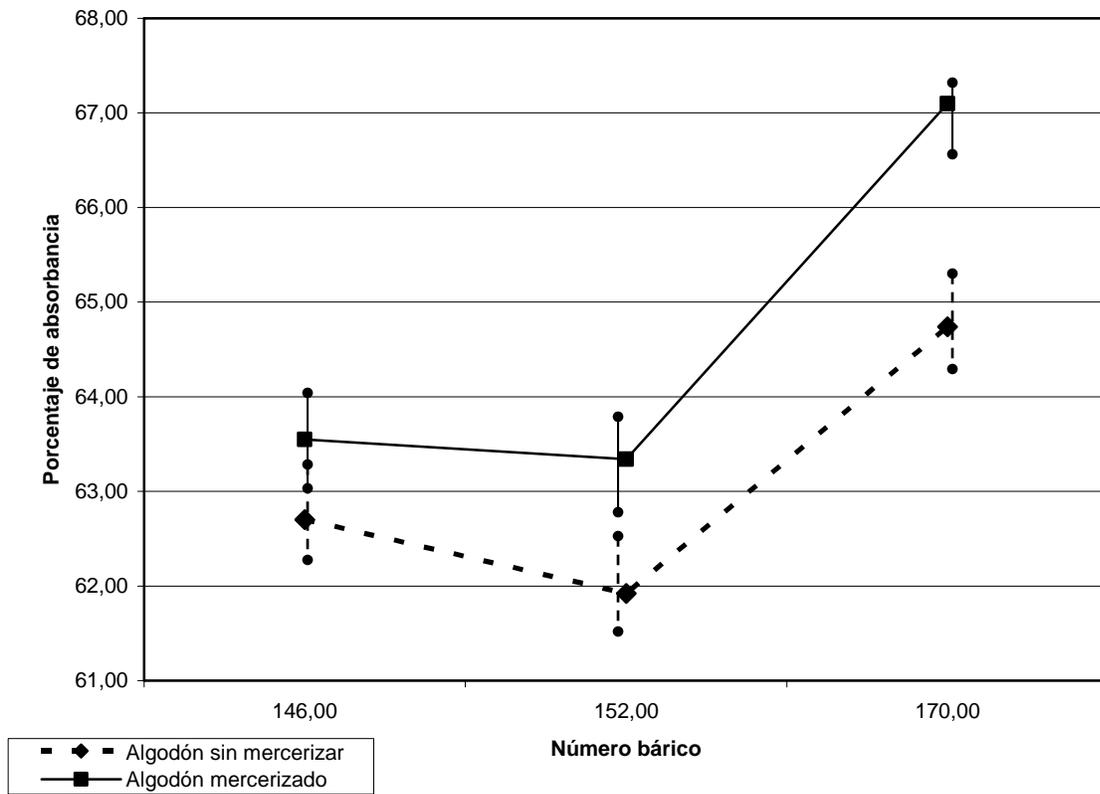
## 5. RESULTADOS

**Tabla I. Porcentaje de la absorbancia de los colorantes sobre tejidos mercerizados y sin mercerizar en función del número bórico para una longitud de onda de 380 a 760 nm**

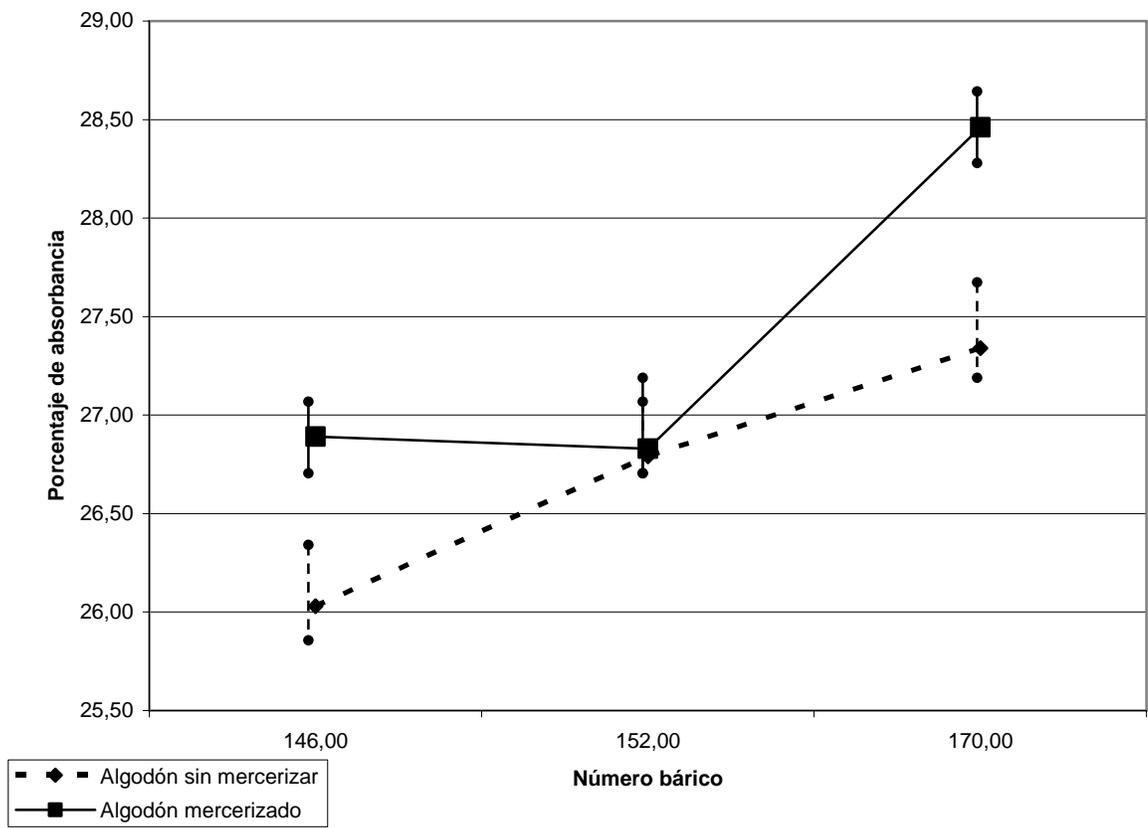
Número bórico	Color	Porcentaje de absorbancia media en algodón sin mercerizar	Porcentaje de absorbancia media en algodón mercerizado	Porcentaje del rendimiento del colorante
146	Verde	62.70 ± 4.89	63.55 ± 4.97	1.36%
	Amarillo	26.03 ± 2.76	26.89 ± 2.67	3.30%
	Rojo	47.76 ± 4.35	51.12 ± 3.12	7.04%
	Azul	50.23 ± 4.18	54.29 ± 4.83	8.08%
152	Verde	61.92 ± 2.23	63.34 ± 5.02	2.29%
	Amarillo	26.79 ± 3.09	26.83 ± 2.93	0.15%
	Rojo	46.22 ± 3.35	50.31 ± 4.39	8.85%
	Azul	51.45 ± 3.44	52.55 ± 3.29	2.14%
170	Verde	64.74 ± 4.23	67.10 ± 4.38	3.65%
	Amarillo	27.34 ± 2.95	28.46 ± 1.69	4.10%
	Rojo	46.98 ± 3.75	51.55 ± 3.59	9.73%
	Azul	51.79 ± 3.94	54.98 ± 4.48	6.16%

A partir de los datos de la tabla I se realizaron las siguientes gráficas.

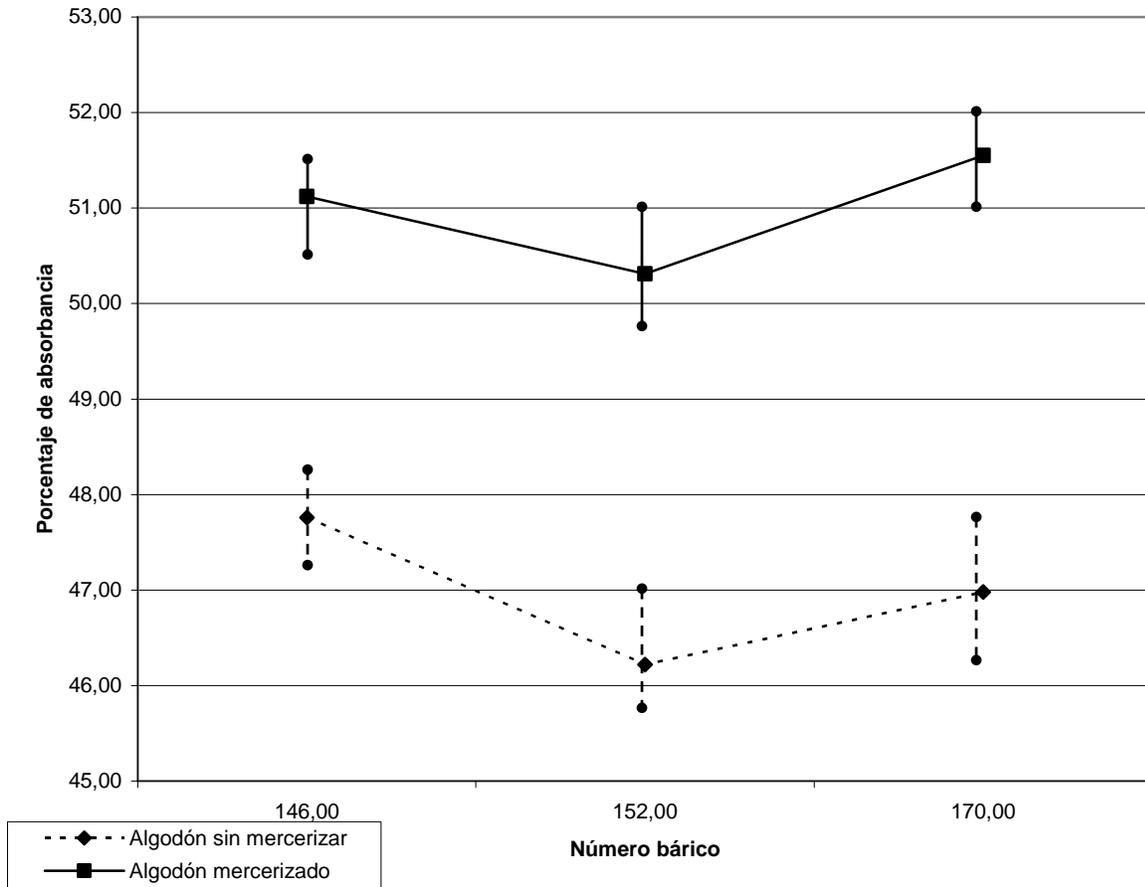
**Figura 8. Absorbancia del colorante verde en función del número bórico**



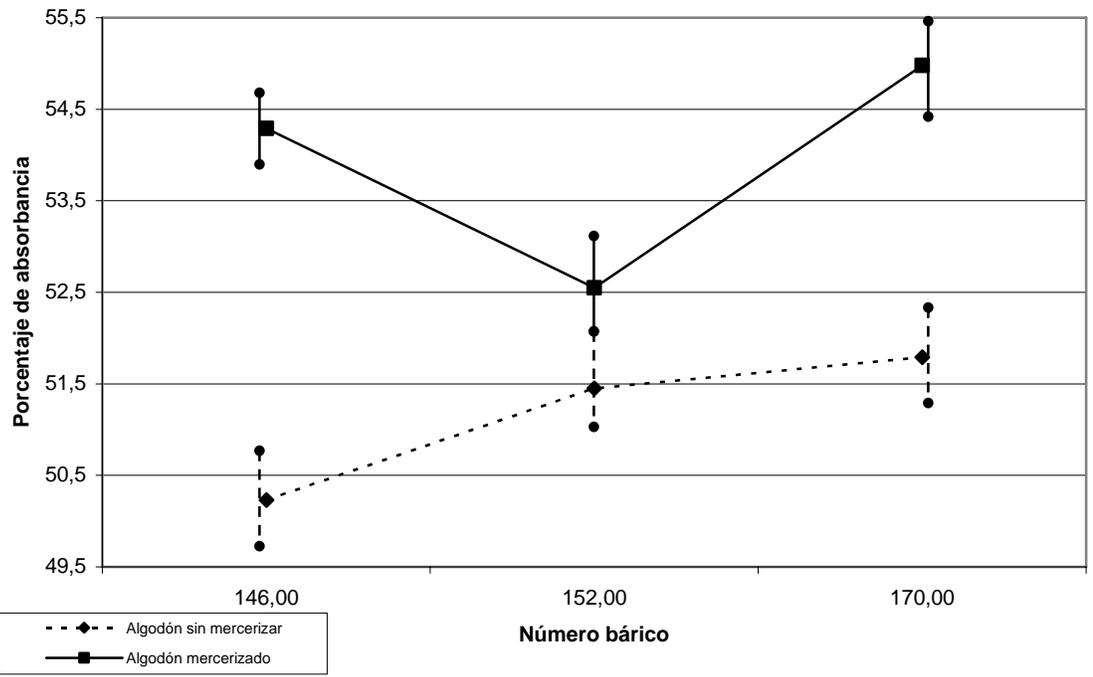
**Figura 9. Absorbancia del colorante amarillo en función del número básico**



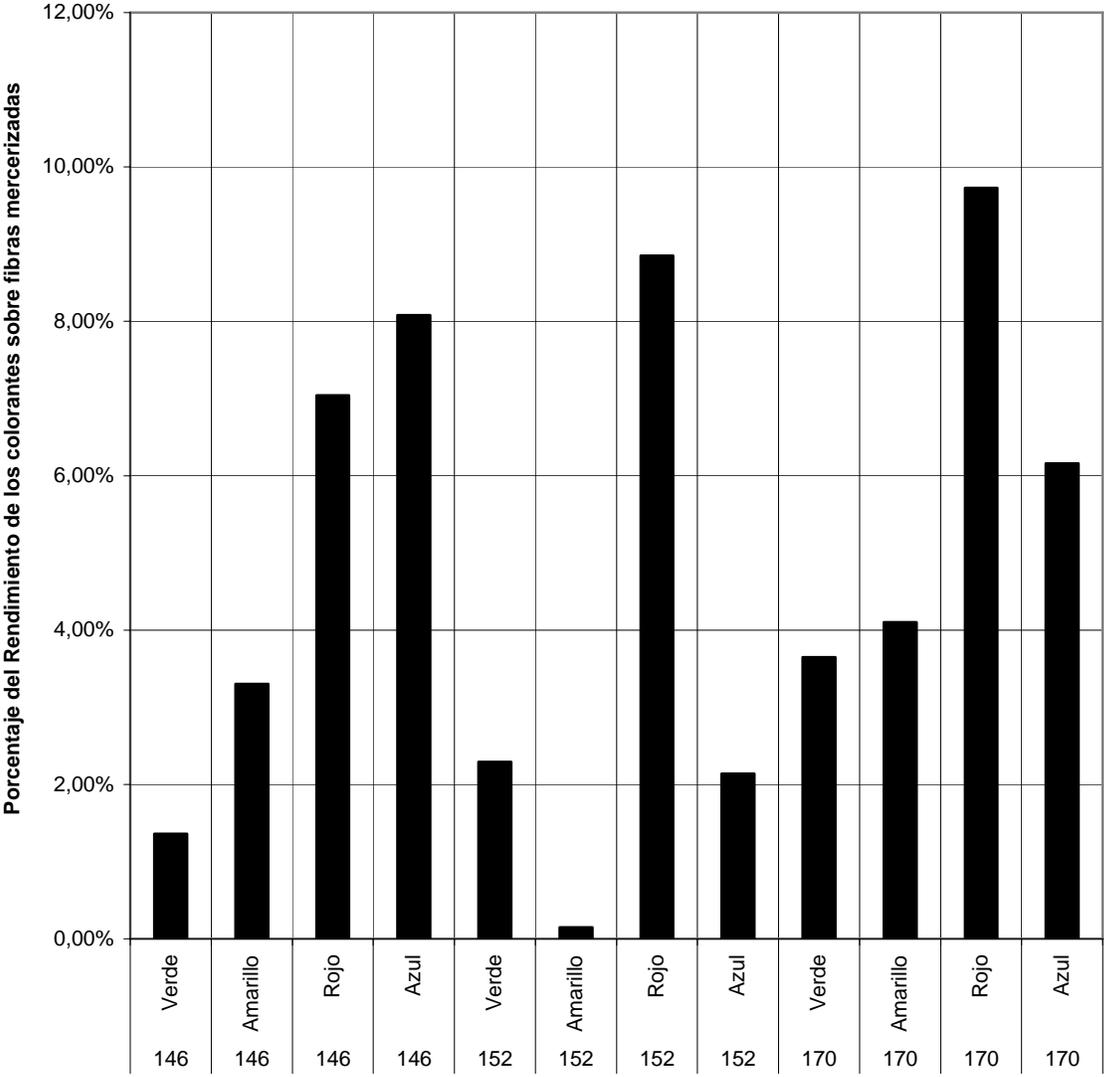
**Figura 10. Absorbancia del colorante rojo en función del número básico**



**Figura 11. Absorbancia del colorante azul en función del número básico**



**Figura 12. Porcentaje del rendimiento de los colorantes teñidos en fibras mercerizadas respecto a las no mercerizadas en función del número bórico**

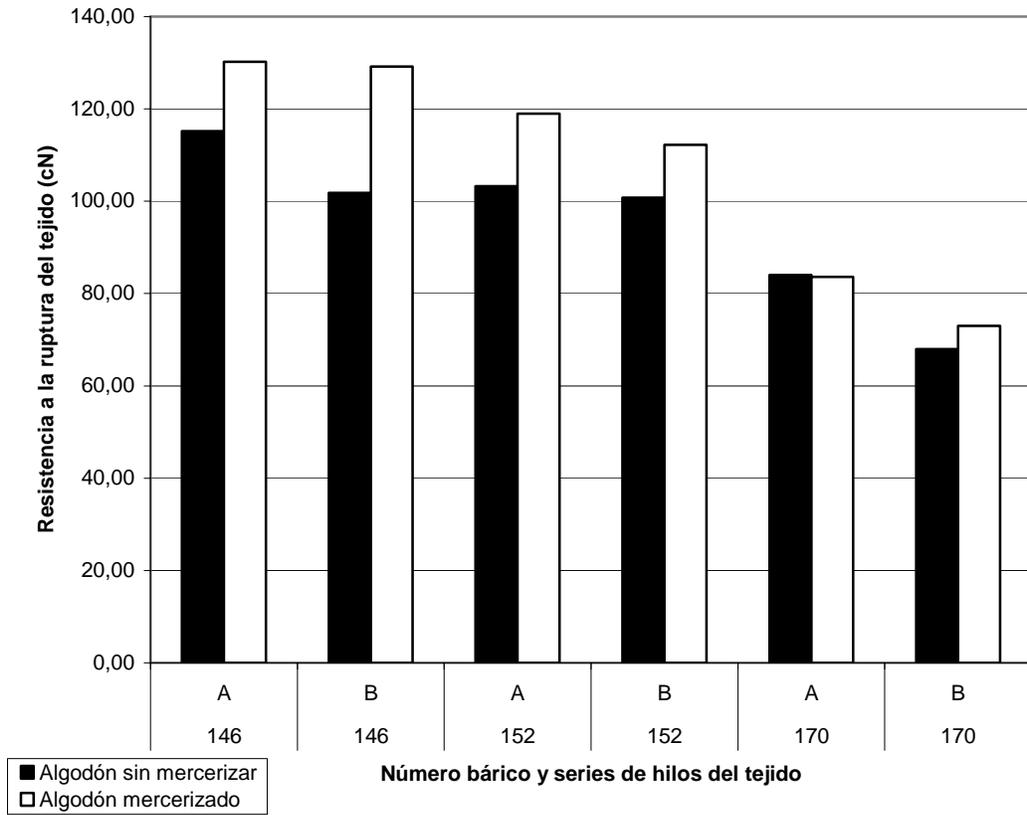


**Tabla II. Resistencia de los tejidos mercerizados y sin mercerizar en función del número bórico**

<b>Número bórico</b>	<b>Construcción del tejido</b>	<b>Fuerza media de ruptura en tejidos de algodón sin mercerizar (cN)</b>	<b>Fuerza media de ruptura en tejidos de algodón mercerizado (cN)</b>	<b>Porcentaje del rendimiento en la resistencia del tejido sobre fibras mercerizadas</b>
146	Urdimbre	115,20 ± 4,44	130,20 ± 0,45	26,92%
	Trama	101,80 ± 11,78	129,20 ± 0,84	13,02%
152	Urdimbre	103,25 ± 4,57	119,00 ± 8,29	15,25%
	Trama	100,75 ± 4,19	112,25 ± 2,22	11,41%
170	Urdimbre	84,00 ± 3,08	83,60 ± 4,99	-0,48%
	Trama	68,00 ± 2,74	73,00 ± 2,74	7,35%

A partir de los datos de la tabla II se realizaron las siguientes gráficas.

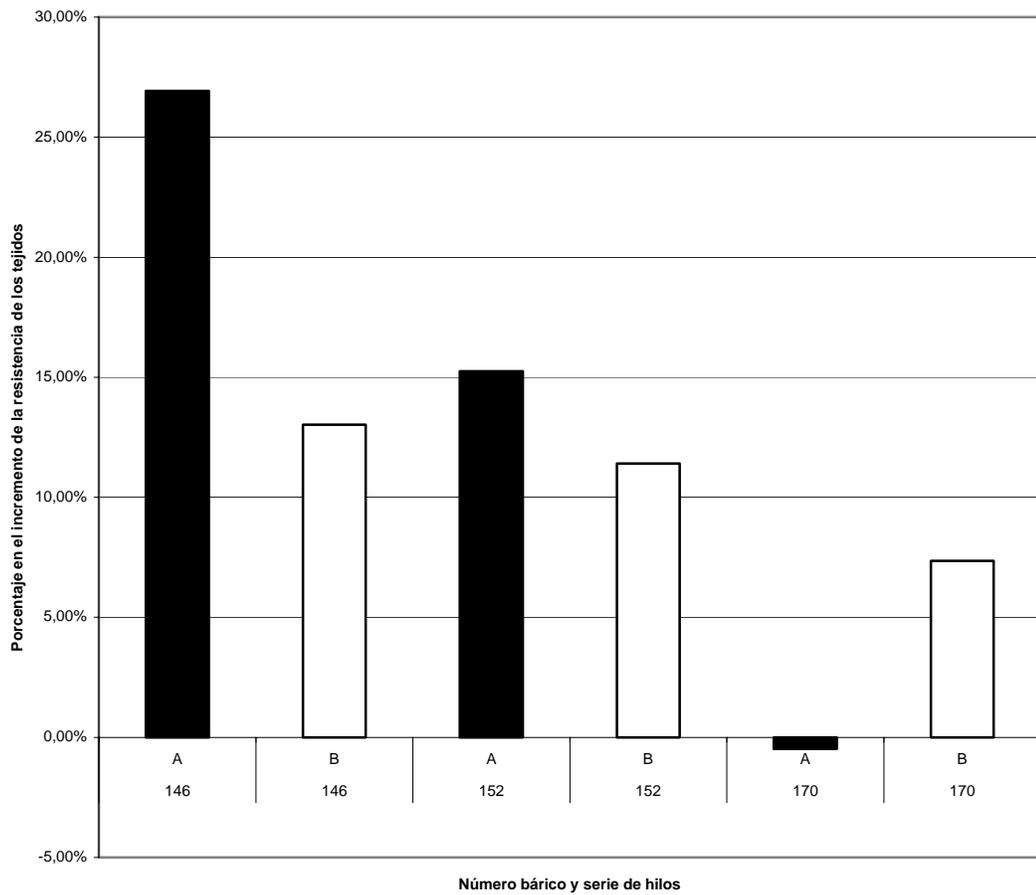
**Figura 13. Resistencia a la ruptura de los tejidos de algodón en función del número bórico y las series de hilos**



\*. Series de hilos: A. Urdimbre (hilos longitudinales).

B. Trama (hilos transversales).

**Figura 14. Incremento porcentual en la resistencia de los tejidos de algodón mercerizado respecto a los no mercerizados en función del número bórico y las series de hilos**



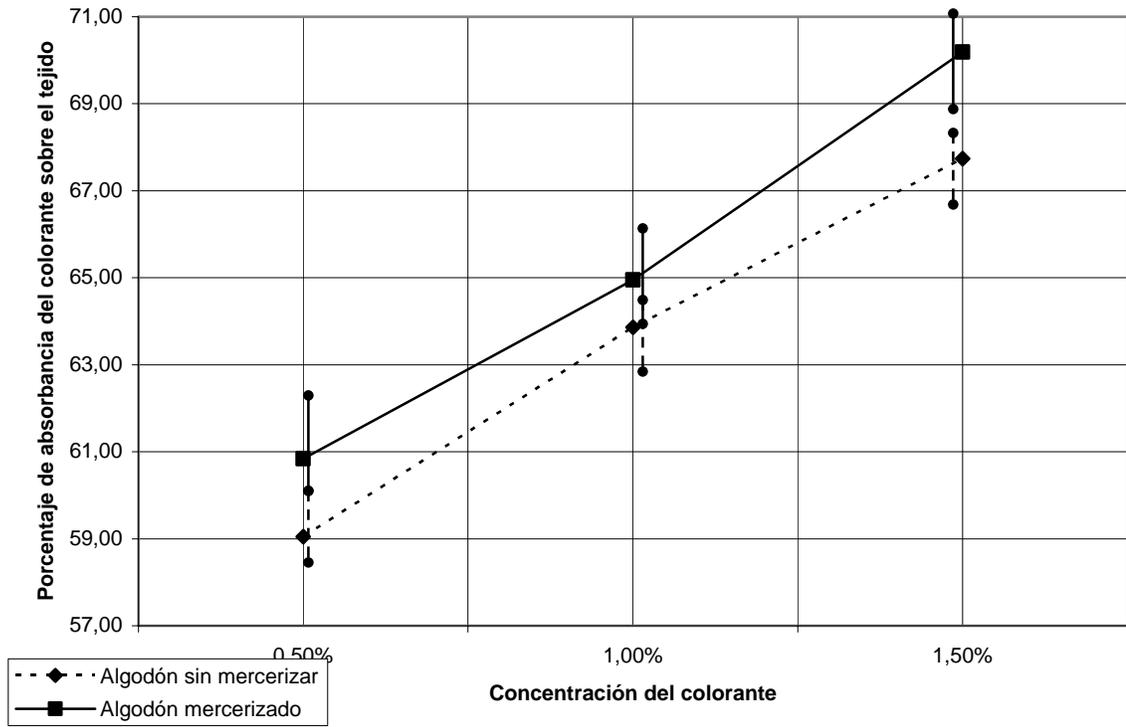
\*. Series de hilos: A. Urdimbre (hilos longitudinales).  
 B. Trama (hilos transversales).

**Tabla III. Porcentaje de absorbancia de los tejidos mercerizados y sin mercerizar en función del tipo de colorante y de las distintas concentraciones empleadas del mismo en la tintura**

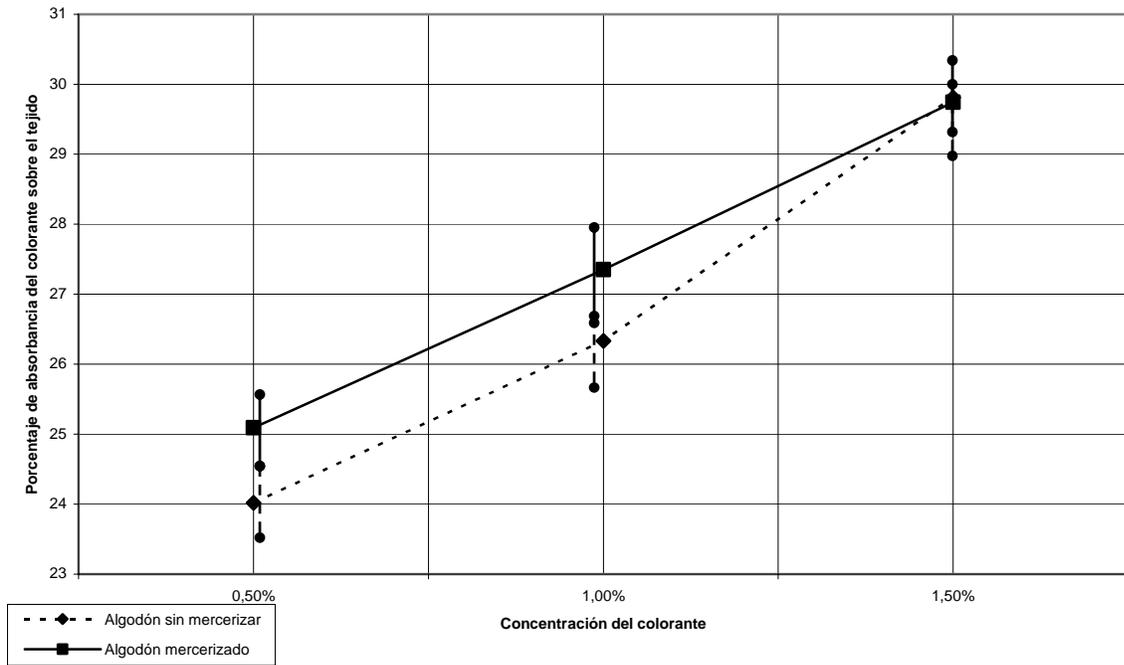
<b>Colorante</b>	<b>Concentración del colorante</b>	<b>Absorbancia media sobre algodón sin mercerizar</b>	<b>Absorbancia media sobre algodón mercerizado</b>	<b>Porcentaje del rendimiento de los colorantes sobre fibras mercerizadas</b>
Verde	0,50%	59,05 ± 1,43	60,84 ± 2,79	0,69%
	1,00%	63,86 ± 1,15	64,95 ± 0,57	1,16%
	1,50%	67,74 ± 0,86	70,19 ± 2,15	1,76%
Amarillo	0,50%	24,02 ± 0,39	25,09 ± 1,30	45,76%
	1,00%	26,33 ± 1,07	27,35 ± 1,79	12,52%
	1,50%	29,81 ± 0,63	29,74 ± 0,20	0,68%
Rojo	0,50%	43,30 ± 0,20	46,59 ± 1,01	92,26%
	1,00%	46,74 ± 0,97	50,56 ± 1,26	46,52%
	1,50%	50,92 ± 1,18	54,83 ± 0,13	30,99%
Azul	0,50%	47,70 ± 0,97	49,59 ± 0,70	61,24%
	1,00%	50,46 ± 1,04	54,26 ± 1,53	40,28%
	1,50%	55,31 ± 0,58	57,26 ± 1,84	22,67%

A partir de los anteriores resultados se elaboraron las siguientes gráficas

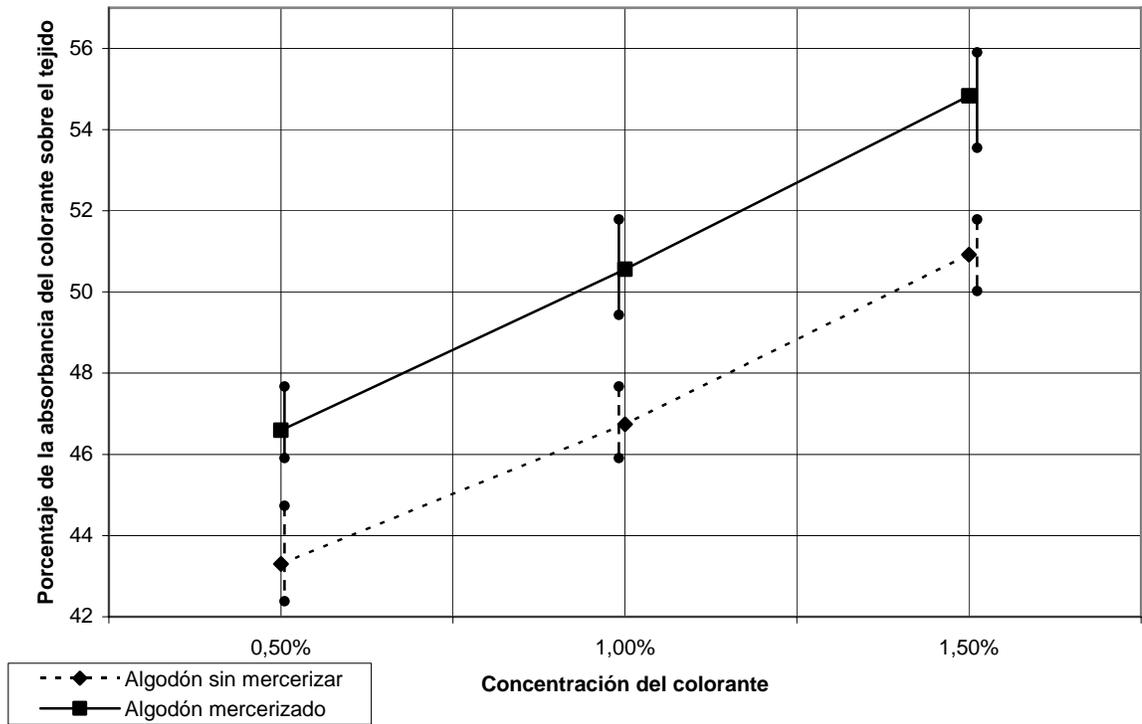
**Figura 15. Porcentaje de la absorción del colorante verde teñido sobre tejidos mercerizados y sin mercerizar en función de la concentración.**



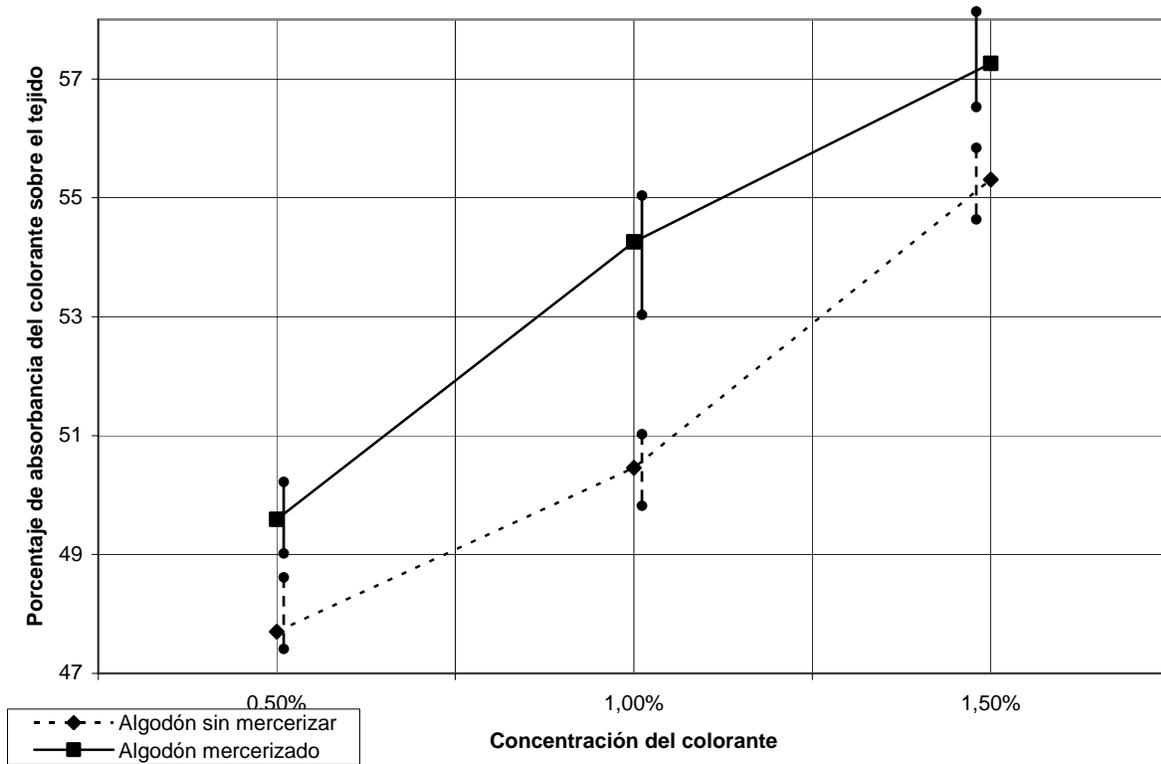
**Figura 16. Porcentaje de la absorbanza del colorante amarillo teñido sobre tejidos mercerizados y sin mercerizar en función de la concentración**



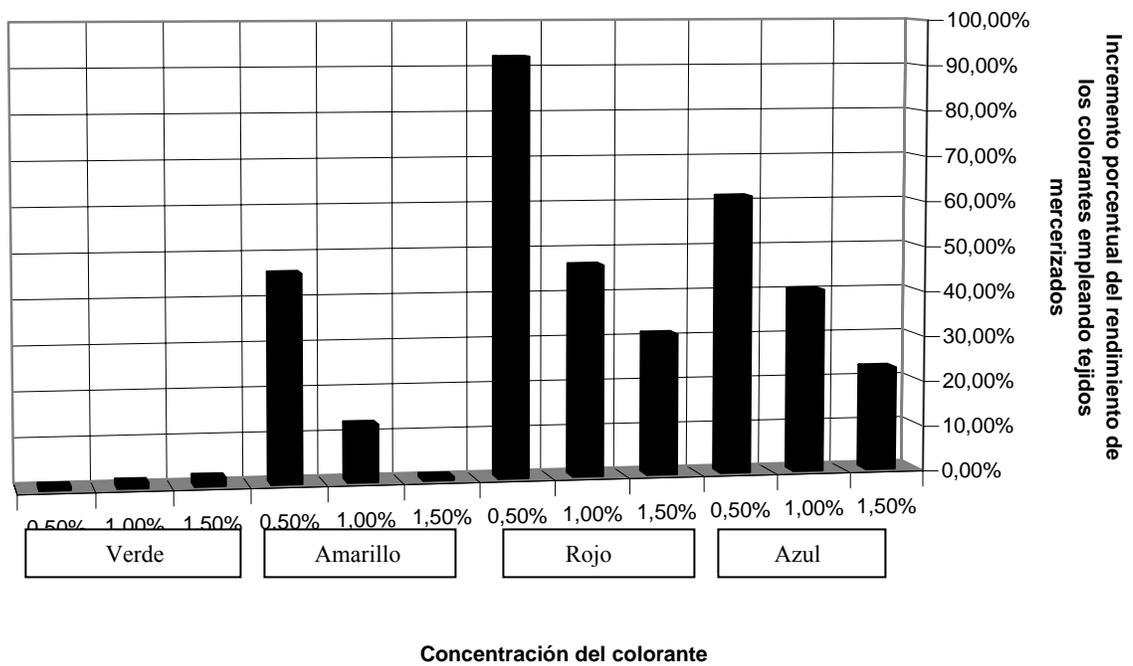
**Figura 17. Porcentaje de la absorción del colorante rojo teñido sobre tejidos mercerizados y sin mercerizar en función de la concentración**



**Figura 18. Porcentaje de la absorción del colorante azul teñido sobre tejidos mercerizados y sin mercerizar en función de la concentración**



**Figura 19. Incremento porcentual del rendimiento de los colorantes teñidos sobre fibras mercerizadas respecto a las no mercerizadas en función de la absorbancia y la concentración empleada**





## 6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se analizó el grado de mercerización en tres distintas muestras de tejido plano de algodón empleado el método No. 89-1985 de la Asociación Americana de Textiles, Químicos y Colorística, obteniendo valores de número bórico de 146, 152 y 170. Según el método empleado establece que un número bórico con valores entre 140 y 150 indican una reacción completa de mercerización de la celulosa, mientras que valores entre 100 y 105 indican un grado bajo de mercerización y valores intermedios indican una reacción incompleta y una mercerización media.

Para observar la incidencia del número bórico en el rendimiento de los colorantes, en la sección de resultados en las figuras 8 a la 11, se puede observar que para todos los colorantes empleados, la absorbancia es mayor en los tejidos mercerizados que en los no mercerizados. Si observamos la figura 12 donde se evalúa el rendimiento de los colorantes sobre fibras mercerizadas respecto a las no mercerizadas en función del número bórico, se puede observar que para los colorantes verde y rojo hay una tendencia en la que el rendimiento de los colorantes se incrementa proporcionalmente al valor del número bórico.

Mientras que para los colorantes amarillo y azul el comportamiento es diferente, ya que cuando se tiene un número bórico de 152 hay un decremento en el porcentaje de rendimiento. También se puede observar que el colorante rojo es el que posee mayor rendimiento, que para el caso del número bórico de 170 llega hasta casi el 10% de rendimiento, seguido del colorante azul, amarillo y por último el verde.

El grado de mercerización que alcancen los tejidos tiene mucha significancia en las características físicas de estos, es decir en el brillo de la fibra, con lo cual se obtiene la capacidad de absorber de mejor forma los colorantes en el proceso de tintura, pero a su vez influye en la resistencia física ya que al estar expuesto mucho tiempo el tejido a una solución de hidróxido de sodio podríamos llegar a efectuar una dispersión de la celulosa, lo cual daría origen a una solución de tipo viscoso de propiedades completamente diferentes a las de la fibra mercerizada mermando su características físicas como el esfuerzo a la ruptura de la fibra.

Analizando el comportamiento de la resistencia de las fibras según su número bórico y por ende al grado de mercerización de los tejidos, podemos observar en la figura 13 de la sección de resultados que las fibras mercerizadas tienen un incremento en su resistencia a la ruptura respecto a las no mercerizadas, tanto en la serie longitudinal del tejido (urdimbre), como en la transversal (trama), aquí se puede observar también que a medida que el número bórico se incrementa, la diferencia de la resistencia de los tejidos en fibras mercerizadas y no mercerizadas disminuye.

Al analizar el incremento porcentual que poseen los tejidos mercerizados en su resistencia respecto a los no mercerizados, en la figura 14 se puede observar que mientras menor sea el número bórico mayor es el incremento en la resistencia, alcanzándose para un número bórico de 146 valores de casi un 27% de incremento de resistencia en urdimbre y 13% en trama, mientras que para el valor del número bórico de 170, hay un decremento en la resistencia de los tejidos en urdimbre respecto a los tejidos no mercerizados, lo cual es un indicativo que a valores elevados del número bórico no solo no se obtiene un incremento en la resistencia, sino que se produce una merma en la misma.

También se puede observar que para los número báricos de 146 y 152 el rendimiento de la resistencia es mayor en urdimbre que en trama, pero no es el caso para el número bórico igual a 170, ya que acá el rendimiento es mayor en trama que en urdimbre, lo cual nos hace suponer que cuando se obtienen números báricos muy altos y por lo tanto un grado de mercerización muy elevado, la merma de la resistencia se produce en mayor grado sobre la urdimbre que sobre la trama.

Para analizar el rendimiento de los colorantes sobre fibras mercerizadas se realizaron pruebas de tintura por medio del método semi-continuo *cold pad batch*, empleado varios colorantes vinilsulfónicos sobre diferentes muestras de tejidos de algodón mercerizado y sin mercerizar, utilizando diferentes concentraciones de colorantes. La cantidad del colorante se agrega en relación al yardaje o peso del tejido, mientras que los auxiliares de tintura se agregan en relación al volumen de agua empleando para el baño de tintura.

Se emplearon concentraciones de 0.5%, 1.0% y 1.5%, esto debido a que por lo general las recetas de tintura emplean tricromías de colorantes, la suma de los porcentajes de los colorantes empleados en la receta por lo general para un color claro no son mayores de 0.5%, para un color medio no sobrepasan el 1.0% y si se quiere obtener un color bastante intenso esta suma promedia el 1.5% de colorante. Luego de la tintura se obtuvieron los valores de absorbancia de los diferentes colores obtenidos sobre los tejidos, mediante el uso de un espectrofotómetro electrónico y la ayuda de un software, el cual midió el porcentaje de absorbancia de cada color a determinada longitud de onda. Estos valores se encuentran en las tablas I al a IV de la sección de anexos.

Al analizar estos valores a simple vista se puede observar que los valores de absorbancia obtenidos en los tintes realizados sobre tejidos mercerizados son mayores que los obtenidos sobre tejidos sin mercerizar, con lo cual se puede deducir que los tejidos mercerizados poseen mayor intensidad de color, ya que a mayor porcentaje de absorbancia mayor es la intensidad que poseen los colores.

A partir de resultados obtenidos se correlacionaron los datos de la concentración de colorante empleada con los valores obtenidos del porcentaje de absorbancia de las muestras teñidas sobre fibras sin mercerizar, obteniéndose de esta forma una ecuación que relaciona concentración de colorante con absorbancia del color, luego los valores de absorbancia de los colorantes que se obtuvieron al emplear fibras mercerizadas fueron introducidos en estas ecuaciones para poder determinar el incremento en la concentración del colorante al emplear fibras mercerizadas y de esta forma poder medir el rendimiento del colorante.

Estos valores se pueden observar en la tabla 3 de la sección de resultados, así como en las figuras 15 a la 19 de la misma sección. Acá se puede observar que el colorante que mayor incremento tiene en su absorbancia y por ende en su intensidad al emplear tejidos mercerizados en la tintura es el colorante rojo, seguido por el colorante azul, y luego el colorante amarillo, siendo el colorante verde el que posee menor rendimiento cuando se emplean fibras mercerizadas, siendo así insignificante este rendimiento por lo cual es poco recomendable el proceso de mercerizado cuando se emplea este colorante.

También se puede observar gráficamente que el rendimiento del colorante es mayor cuando se emplean concentraciones bajas, reduciéndose el mismo a medida que se emplean recetas de tintura con concentraciones mayores es decir, cuando se tiñen tonos más intensos o fuertes.

Si se analiza los costos del proceso de tintura, el costo mas alto es el valor del colorante, ya que estos valores promedia en el mercado actual un precio de \$9.00 el kilo de colorante, por lo cual podemos ver que al aumentar el rendimiento del colorante sobre fibras mercerizadas, automáticamente obtenemos un defínis sobre el costo del proceso, lo cual es muy importante.



## CONCLUSIONES

1. De los cuatro tipos de colorantes empleados el colorante que mayor rendimiento posee sobre fibras mercerizadas es el colorante rojo, seguido por lo colorante azul, luego el amarillo y por ultimo el colorante verde.
2. En todos los casos de los colorantes vinilsulfónicos analizados excepto para el colorante verde, cuando se emplean concentraciones menores de colorante hay un mayor rendimiento de los mismos es decir que cuando se tiñen tonos claros es más recomendable el proceso de mercerizado.
3. Los tejidos que son previamente mercerizados tienen mayor rendimiento de los colorantes vinilsulfónicos en el proceso de la tintura con lo cual se concluye que es necesario el proceso de mercerizado para reducir los costos en el proceso de tintura.
4. El proceso de mercerizado debe ser controlado por medio del número bórico el cual rige las características del tejido mercerizado, ya que valores muy altos en el número bórico provocan en el tejido una deficiencia en su resistencia y valores muy bajos del número bórico por debajo de 140 provocan un menor rendimiento del colorante.



## RECOMENDACIONES

1. Es necesario emplear concentraciones que no sobrepasen a 25 °Be de soda cáustica (NaOH), y el tiempo de contacto entre esta solución y el tejido debe ser mínimo en el proceso de mercerizado para evitar irregularidades en el teñido así como deficiencias en la resistencia del mismo.
2. Emplear un agente humectante junto con la soda cáustica para obtener un mayor grado de mercerización de la fibra.
3. Se debe lavar rápidamente con agua, luego de la impregnación de la tela con la solución alcalina de mercerizado, para evitar la formación de  $(C_6H_{10}O_5)NaOH$  en vez de la formación de la álcali-celulosa ya que con esto disminuye la resistencia de las fibras.
4. Al terminar el proceso de mercerización es necesario normalizar el pH del tejido, aplicando ácidos débiles como el ácido acético, para evitar que la alcalinidad provoque abrasión sobre la fibra.
5. Para un futuro estudio se sugiere analizar el rendimiento de los colorantes en función de la concentración de mordiente empleada para que el colorante se fije sobre la fibra de algodón.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Galderán Escobet, Vicente. **Tecnología del tejido**. Tarrasa, 1960.
2. Kochkin, D.N., Plaskin, S.A. y Iablokov, S.N. **Acabado de los tejidos planos de algodón**. Cuba: Editorial Científico-Técnica, 1981.
3. **Technical manual of the american association of textile chemists and colorists**. USA: 1988, Volumen 63.



## ANEXOS

**Tabla IV. Resultados de la corrida experimental para el colorante verde**

<b>Corrida</b>	<b>Número bórico</b>	<b>Concentración del colorante</b>	<b>Porcentaje de absorbancia en algodón no mercerizado</b>	<b>Porcentaje de absorbancia en algodón mercerizado</b>
1	146	Verde 0.5 %	60.31	63.67
2	152	Verde 0.5 %	59.35	60.77
3	170	Verde 0.5 %	57.50	58.09
4	146	Verde 1.0 %	65.17	65.60
5	152	Verde 1.0 %	63.03	64.53
6	170	Verde 1.0 %	63.38	64.73
7	146	Verde 1.5 %	68.74	72.03
8	152	Verde 1.5 %	67.27	70.72
9	170	Verde 1.5 %	67.22	67.82

**Tabla V Resultados de la corrida experimental para el colorante amarillo**

<b>Corrida</b>	<b>Número bórico</b>	<b>Concentración del colorante</b>	<b>Porcentaje de absorbancia en algodón no mercerizado</b>	<b>Porcentaje de absorbancia en algodón mercerizado</b>
1	146	Amarillo 0.5 %	24.47	26.51
2	152	Amarillo 0.5 %	23.76	23.92
3	170	Amarillo 0.5 %	23.84	24.84
4	146	Amarillo 1.0 %	27.19	29.35
5	152	Amarillo 1.0 %	26.68	26.77
6	170	Amarillo 1.0 %	25.13	25.92
7	146	Amarillo 1.5 %	30.37	29.52
8	152	Amarillo 1.5 %	29.94	29.79
9	170	Amarillo 1.5 %	29.13	29.91

**Tabla VI. Resultados de la corrida experimental para el colorante rojo**

<b>Corrida</b>	<b>Número bórico</b>	<b>Concentración del colorante</b>	<b>Porcentaje de absorbancia en algodón no mercerizado</b>	<b>Porcentaje de absorbancia en algodón mercerizado</b>
1	146	Rojo 0.5 %	43.43	47.75
2	152	Rojo 0.5 %	43.07	46.18
3	170	Rojo 0.5 %	43.40	45.85
4	146	Rojo 1.0 %	46.61	52.01
5	152	Rojo 1.0 %	45.85	49.84
6	170	Rojo 1.0 %	47.77	49.83
7	146	Rojo 1.5 %	50.91	54.88
8	152	Rojo 1.5 %	49.74	54.92
9	170	Rojo 1.5 %	52.11	54.68

**Tabla VII. Resultados de la corrida experimental para el colorante azul**

<b>Corrida</b>	<b>Número bórico</b>	<b>Concentración del colorante</b>	<b>Porcentaje de absorbancia en algodón no mercerizado</b>	<b>Porcentaje de absorbancia en algodón mercerizado</b>
1	146	Azul 0.5 %	48.11	50.40
2	152	Azul 0.5 %	48.39	49.29
3	170	Azul 0.5 %	46.59	49.09
4	146	Azul 1.0 %	51.32	55.17
5	152	Azul 1.0 %	50.77	52.49
6	170	Azul 1.0 %	49.30	55.13
7	146	Azul 1.5 %	55.94	59.36
8	152	Azul 1.5 %	55.18	55.88
9	170	Azul 1.5 %	54.80	58.65

**Tabla VIII. Fuerza de ruptura para tejidos con número bórico = 146**

No. muestra	No mercerizado		Mercerizado	
	Urdimbre (cN)	Trama (cN)	Urdimbre (cN)	Trama (cN)
1	85	70	85	70
2	88	70	88	75
3	85	70	85	75
4	82	65	75	70
5	80	65	85	75

**Tabla IX. Fuerza de ruptura para tejidos con número bórico = 152**

No. muestra	No mercerizado		Mercerizado	
	Urdimbre (cN)	Trama (cN)	Urdimbre (cN)	Trama (cN)
1	101	99	110	113
2	110	107	129	111
3	100	98	122	115
4	102	99	115	110
5	105	100	125	115

**Tabla X. Fuerza de ruptura para tejidos con número bórico = 170**

<b>No. muestra</b>	<b>No mercerizado</b>		<b>Mercerizado</b>	
	<b>Urdimbre (cN)</b>	<b>Trama (cN)</b>	<b>Urdimbre (cN)</b>	<b>Trama (cN)</b>
1	121	114	130	129
2	115	95	130	130
3	110	90	130	130
4	118	115	130	128
5	112	95	131	129

## HOJA DE CÁLCULO

1. Cálculo del valor medio del porcentaje de la absorbancia y el valor medio de la resistencia a la ruptura del tejido:

$$\overline{\% V} = \sum \% V / n$$

Donde:

$\overline{\% V}$  = Valor medio de absorbancia.

n = Número de corridas.

$\% V$  = Absorbancia para cada corrida

Para el colorante verde sobre fibra no mercerizada a una concentración de 0.5%:

$$\overline{\% V} = (60.31 + 59.35 + 57.50) / 3 = 59.05\%$$

2. Cálculo de la desviación estándar:

$$S = \sqrt{\sum (\%V_i - \overline{\%V})^2 / n - 1}$$

Donde:

S = Desviación estándar.

%Vi = Absorbancia para cada corrida.

%V = Valor medio de la absorbancia.

n = Numero de Corridas.

Para el colorante verde sobre fibra no mercerizada a una concentración de 0.5%:

$$S = \frac{\sqrt{[(60.31-59.05)^2 + (59.35-59.05)^2 + (57.50-59.35)^2]}}{3-1} = 4.23$$

\*. De igual forma se calcularon los valores medios y las desviaciones estándar para el resto de valores de absorbancia y de la fuerza de ruptura de los tejidos.

3. Cálculo de el porcentaje de rendimiento de los colorantes teñidos sobre fibras mercerizadas en relación a las no mercerizadas:

**Tabla XI. Absorbancia media del colorante verde**

<b>Colorante</b>	<b>Concentración del colorante</b>	<b>Absorbancia media sobre algodón sin mercerizar</b>	<b>Absorbancia media sobre algodón Mercerizado</b>
Verde	0,50%	59,05 ± 1,43	60,84 ± 2,79
	1,00%	63,86 ± 1,15	64,95 ± 0,57
	1,50%	67,74 ± 0,86	70,19 ± 2,15

**3.1** Correlación de valores por medio de la calculadora HP 48G, de los valores de concentración y absorbancia sobre fibras mercerizadas:

$$Y = 9.21407 + - 2.005\text{Ln}(X)$$

Donde:

X es la absorbancia de los tejidos sin mercerizar.

Y es la concentración del colorante.

**3.2.** Introduciendo en la anterior ecuación los valores de absorbancia de los tejidos mercerizados:

$$Y = 0.503$$

Este valor corresponde a la concentración del colorante sobre fibra mercerizada.

**3. 3.** Cálculo del porcentaje en el rendimiento del colorante:

$$\% \text{Rendimiento del Colorante} = \frac{[0.503 - 0.5]}{0.5} \times 100 = 0.69\%$$

\*. De igual forma se calcularon los porcentajes de rendimiento para los otros colorantes y para el incremento porcentual de la resistencia de los tejidos.