

INFLUENCIA DEL PLASMA ATMOSFÉRICO Y DEL CATIONIZADO SOBRE LA TINTURA DE ALGODÓN CON COLORANTES REACTIVOS

A.Patiño¹, C.Canal², G.Caballero¹ C.Rodríguez¹ A.Navarro³ J.M.Canal^{1*}

¹ SPPT Grupo de Investigación, Laboratorio de Ecoennoblecimiento Textil, Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Universitat Politècnica de Catalunya, Colom 1, 08222 Terrassa, España. * e-mail: canal@etp.upc.edu

² Departamento de farmacia y tecnología farmacéutica. Facultad de farmacia, Universidad de Barcelona, Avda. Joan XXIII, s/n, 08028 Barcelona, España.

³ Departamento de Ingeniería Química, Universitat Politècnica de Catalunya, Colom 1, 08222 Terrassa, España.

0. Resumen

Un colorante reactivo hetero bis funcional ha sido utilizado en el estudio de la reactividad de tejidos de algodón después de tratamientos con plasma corona y aplicación del agente catiónico cloruro de 2,3-epoxipropil trimetil amonio a diferentes concentraciones. El comportamiento tintóreo de las muestras en tres tinturas sucesivas permite evaluar los cambios de reactividad producidos por los tratamientos efectuados.

1. Introducción y objetivos

Los colorantes reactivos bi y trifuncionales constituyen un avance muy importante en la dirección de conseguir tinturas sobre fibras celulósicas con elevado agotamiento del colorante, y ello consta como BAT textil (Best Available Techniques) [1]. Estos nuevos colorantes presentan agotamientos superiores porque las formas mono-hidrolizadas siguen teniendo la posibilidad de reaccionar químicamente con la celulosa.

En un trabajo anterior [2] demostramos la posibilidad de obtener tinturas con excelentes solidez con un consumo bajo de agua, y la contribución del cationizado al agotamiento de la tintura.

El cationizado de materiales textiles previo a su tintura es una línea de investigación con numerosos puntos de interés [3,4,5].

Algunos autores como Hauser, Hardman y Kanik [6,7] han investigado en profundidad los parámetros de aplicación y optimización de un agente catiónico no polimérico como el cloruro de (2,3 epoxipropil) trimetilamonio como técnica de modificación química de materiales textiles para incrementar la tintabilidad del algodón con colorantes reactivos.

Por otra parte, el plasma de baja temperatura es considerado como una tecnología emergente [8], además de sus numerosas aplicaciones en el campo de la modificación superficial de materiales poliméricos. Con respecto a otros tratamientos superficiales tradicionales, la tecnología del plasma presenta numerosas ventajas, al ser un proceso en seco, que no requiere de disolventes o productos químicos nocivos para el medio ambiente [9], implica bajo

consumo energético y modifica la superficie sin alterar las propiedades internas de los materiales textiles.

En este estudio evaluaremos el comportamiento de diferentes muestras en tres tinturas sucesivas, en las que va decreciendo la concentración inicial de colorante reactivo, y aumentando la concentración de colorante hidrolizado. Finalmente se valorará la capacidad de las muestras tratadas para agotar colorante reactivo totalmente hidrolizado.

2. Experimental

2.1. Materiales

En el presente trabajo se ha utilizado tejido de calada de algodón 100% (CO) de 222 g/m², con título de urdimbre de 46,6 tex y con título de trama de 29,9 tex, descolado, descruado y blanqueado, cumpliendo las especificaciones de "preparado para tintura" (PPT).

Como agente de cationizado se utilizó una epihalohidrina, concretamente cloruro de (2,3 epoxipropil) trimetilamonio, comercialmente disponible como una solución en agua del 60%, bajo la denominación de Producto PTC (Color Center S.A., España).

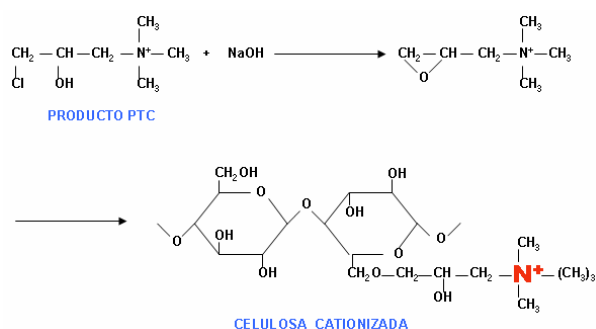


Figura 1. Reacción química del Producto PTC con la fibra de algodón en presencia de hidróxido sódico.

El colorante usado en este estudio, el colorante reactivo bifuncional Levafix Blue CA gran (Azul granulado, Dystar Textilfarben GMBH & Co., Alemania) ha sido elegido por su carácter hetero bis-reactivo, ya que dispone de grupos reactivos monofluortriazina y vinilsulfona.

Como agentes auxiliares se utilizaron hidróxido sódico (Panreac, España) al 50%, ácido acético 80% (Panreac, España), cloruro sódico (Panreac, España) y una formulación de detergente no iónico, Amplex CA-ECO (Color-Center, España) biodegradable y con propiedades secuestrantes.

2.2. Tratamientos efectuados

Para la realización del presente trabajo se estructuró el siguiente plan de trabajo (ver fig.2).

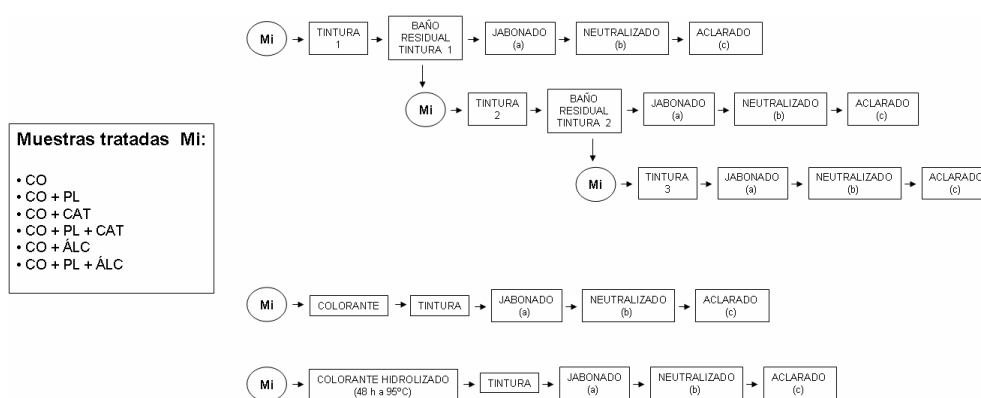


Figura 2. Esquema del plan experimental del trabajo realizado con tejidos de algodón (Mi) con diferentes tratamientos.

El tejido de algodón no tratado (CO) fue tratado con plasma (CO+Plasma), o sometido a proceso de cationizado (CO+Cationizado), o al tratamiento combinado de plasma y cationizado (CO+Plasma+ Cationizado). Se estudia la posible influencia del álcali por separado (CO+Álcali), o del plasma seguido con álcali (CO+Plasma+Álcali).

2.2.1. Procedimiento de cationizado

El producto catiónico se aplicó sobre el tejido a tres concentraciones: 0,82% spf, 1,29% spf, y 1,50% spf, siempre en las mismas condiciones de cationizado por sistema Pad-Batch. El procedimiento fue: se prepararon disoluciones a 50, 37,5 y 25 g/l de Producto PTC con 36 g/l de hidróxido sódico al 50% cada una de ellas, inmediatamente antes de su aplicación en el tejido, para evitar su posible degradación. Seguidamente el tejido se impregnó en la disolución correspondiente, y se exprimó en un foulard vertical a una velocidad de 1 m/min, presión neumática de 1kg/cm² y un diámetro de rodillo de 17,5 cm., obteniéndose así una impregnación del 64%. El tejido impregnado fue enrollado a baja tensión en un rodillo giratorio y mantenido a velocidad constante durante 24 h, envuelto en plástico (para prevenir la migración de productos químicos por evaporación de agua). Pasado este tiempo se aclaró dos veces con agua destilada con una relación de baño (R/b) de 17,8 : 1 durante 5 min a temperatura ambiente y se neutralizó con una disolución de ácido acético (2 g/l) en las mismas condiciones de los aclarados,(2.3.1.) obteniéndose un pH final sobre tejido de 7,2 [10]. Siguiendo este mismo procedimiento pero con 0 % de producto catiónico, se prepararon las muestras de referencia (CO+ALC), y (CO+PL+ALC).

2.2.2. Tratamientos con plasma

Los tejidos de algodón fueron tratados en un aparato de descarga corona (Allbrandt, Alemania) que consta de dos electrodos cerámicos y de un rodillo dotado de un dieléctrico, entre los cuales se genera la diferencia de potencial eléctrico que genera el plasma (Figura 3).

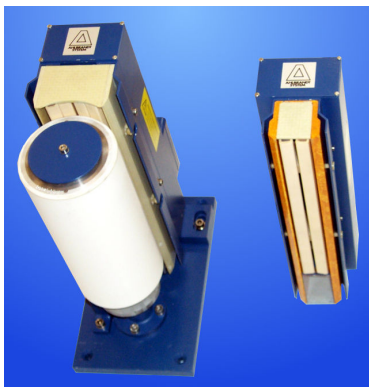


Figura 3. Aparato de plasma corona de laboratorio utilizado en este estudio.

Los tratamientos con plasma se realizaron con aire ambiente, aplicando una potencia de 1,9 W y con una velocidad de 15 rpm, lo que implica un tratamiento de 0,35 s con plasma de aire.

2.3. Procedimiento de tinturas sucesivas

Se han valorado los efectos de los diferentes tratamientos realizando tres tinturas sucesivas, siempre en las mismas condiciones, y utilizando en la tintura siguiente el baño residual de la tintura anterior.

2.3.1. Tintura 1 (T1)

Las tinturas se efectuaron por el proceso all-in, en un aparato de tintura Mathis Labomat, a R/b de 20:1, concentración de colorante de 1% spf, cloruro sódico 30g/l, e hidróxido sódico 50%, a 0,7ml/l (pH=11,8). La tintura se inicia a 20°C, calentando a 2,5°C/min hasta alcanzar 60°C, que se mantienen durante 60 min. Después de la tintura los tejidos fueron jabonados a 90°C durante 10 min (1g/l Amplex CA-ECO), seguido de un acidulado a 60°C durante 10 min (0,5 ml/l ácido acético 80%) y finalmente un aclarado con agua destilada a 60°C durante 10 min. Las muestras se secaron a temperatura ambiente, y posteriormente se acondicionaron antes de las medidas colorimétricas, en atmósfera estándar (21°C ±1 y 65% ±5 de H. R.).

2.3.2. Tintura 2 (T2), y Tintura 3 (T3)

El baño residual de la primera tintura se enfrió a temperatura ambiente de 20°C, y se ajustó a pH inicial (pH=11,8), para realizar una segunda tintura (T2), con muestra nueva del correspondiente tejido Mi, siguiendo el mismo proceso ya descrito, manteniendo la R/b constante, no siendo necesaria la adición de electrolito, que permanece constante en el baño. Finalmente, se realizó una tercera tintura (T3) con muestra nueva del correspondiente tejido Mi, enfriando

a temperatura ambiente de 20°C, y reajustando a pH inicial (pH=11,8), el baño residual de la segunda tintura y manteniendo la R/b constante.

2.3.3. Determinación del % Agotamiento del colorante

El % de agotamiento del baño de tintura se determinó por lectura de la densidad óptica con un espectrofotómetro ultravioleta-visible UV-1700 (Shimadzu Co. Kyoto, Japan), a la longitud de onda de máxima absorción de la solución de colorante utilizado ($\lambda_{\text{máx.}} = 610 \text{ nm}$). El porcentaje de agotamiento del baño de tintura (E) fue calculado usando la siguiente ecuación (1) [11].

$$E\% = \left(\frac{1 - A}{A_0}\right) \times 100 \quad (1)$$

donde A_0 y A son la absorbancia de la solución de colorante a la longitud de onda máxima antes y después del proceso, respectivamente.

2.3.4. Determinación colorimétrica

Las propiedades de color de los tejidos teñidos fueron determinadas usando un espectrofotómetro DataColor International Spectraflash SF600, con el iluminante D_{65} y el observador de 10° . Los valores de reflectancia (R) determinan la concentración de colorante en el tejido, y la relación entre R y K/S se muestra en la ecuación (2), donde R es el valor de remisión $R_\lambda/100$.

$$K/S = \frac{(1 - R)^2}{2R} \quad (2)$$

2.3.5. Solidez al lavado

Los ensayos de solidez al lavado se realizaron según las Normas UNE-EN 20105-C03 [12], en la que el lavado se realiza a 60°C durante 30 min, con detergente normalizado y sin perborato.

En el estudio del comportamiento del colorante hidrolizado, los ensayos de solidez al lavado se realizaron según las Normas UNE-EN 20105-C01 [13].

3. Resultados y Discusión

3.1. Influencia del tratamiento de plasma sobre la impregnación del producto PTC

Se ha controlado el % de impregnación después del foulardado, al aplicar los productos de cationizado, resultando del 64% en todos los casos. Ello indica que las modificaciones producidas por el plasma en una fibra de excelente hidrofiliadad inicial, no son detectables en este punto.

3.2. Influencia del tratamiento sobre el grado de blanco CIE-Lab

Se ha verificado que los tratamientos realizados sobre el tejido de algodón (plasma y cationizado) no afectan significativamente el grado de blanco CIE-

Lab, que se mantiene en 72,5 unidades. Por tanto dichos tratamientos no influirán sobre la curva de remisión de las tinturas efectuadas, y por ello no será necesario el cálculo de $(K/S)_{\text{corregido}}$ [5].

3.3. Influencia de los tratamientos sobre el agotamiento del colorante

La tabla 1 refleja el agotamiento del baño de tintura sobre el tejido de algodón con los distintos tratamientos después de realizar tres tinturas consecutivas utilizando los baños residuales de la primera y de la segunda tintura. El % de colorante al inicio de cada tintura se determinó espectrofotométricamente.

Tabla 1.- Agotamiento del colorante en los diferentes baños de tintura de los tejidos después de realizar tres tinturas sucesivas

Tipo de tratamiento	Tintura-1		Tintura-2		Tintura-3	
	% Colorante inicial spf	% Agotamiento	% Colorante inicial spf	% Agotamiento	% Colorante inicial spf	% Agotamiento
CO	1	73,2	0,27	37,5	0,17	37,9
CO + Plasma	1	76,3	0,24	39,7	0,14	38,4
CO + Cationizado al 1,5%	1	91,9	0,08	61,5	0,03	50,0
CO + Plasma + Cationizado al 1,5%	1	89,0	0,11	59,4	0,04	60,6
CO + Álcali	1	74,3	0,26	36,5	0,16	37,6
CO + Plasma + Álcali	1	79,0	0,21	36,3	0,13	33,3

El tratamiento con plasma incrementa el 4% el agotamiento de la tintura. Este pequeño incremento es razonable, teniendo en cuenta que el tejido de algodón utilizado está preparado para tintura, es decir, desencolado, descruado y blanqueado. Ello implica que la superficie de la fibra ya es hidrófila, teniendo en cuenta que el plasma de aire utilizado genera grupos hidrófilos en la superficie [14], al ser esta ya hidrófila, la mejora de hidrofiliadad queda enmascarada por la buena hidrofiliadad inicial del tejido. El cationizado al 1,5 %spf incrementa en un 25% el valor de agotamiento. La combinación de plasma y cationizado no es aditiva, posiblemente por el importante incremento del agotamiento debido al producto de cationizado.

Al realizar los tratamientos de CO con álcali, se ha demostrado que el álcali utilizado en la reacción de cationizado no influye sobre el agotamiento de las tinturas. Los aumentos de agotamiento de las tinturas entre el 25 y 60% se deben exclusivamente a la presencia del producto catiónico en el algodón, a una concentración de 1,5 % spf.

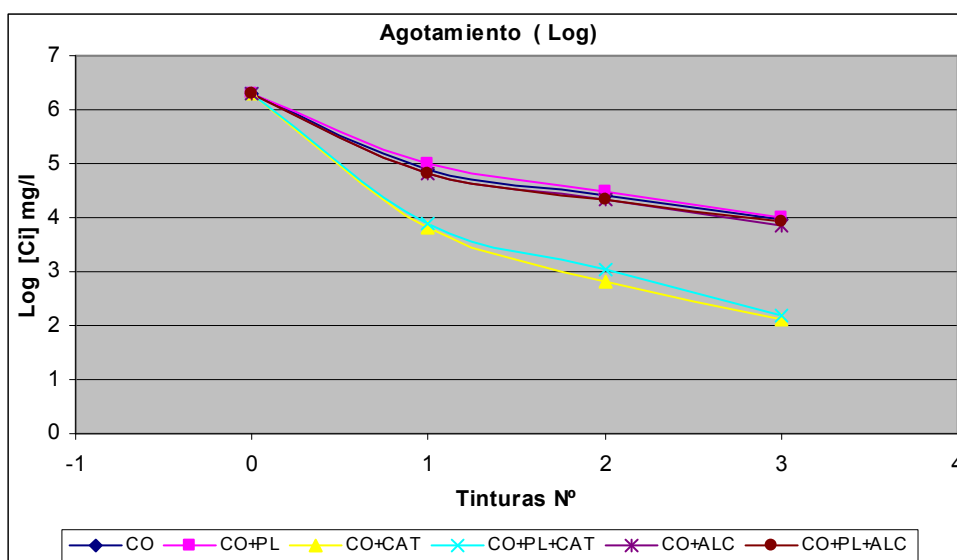


Figura 4. Representación del Log (Concentración inicial de colorante) frente a las tinturas sucesivas

La figura nº. 4, pone en evidencia el efecto neto del producto de cationizado sobre el agotamiento del colorante reactivo. Dicho agotamiento es el resultado de cuatro efectos:

- Reacción química entre el colorante y la fibra.
- Unión electrovalente entre el colorante hidrolizado y el producto catiónico.
- Unión electrovalente entre el colorante reactivo y el producto catiónico, manteniendo la posibilidad de unión covalente entre dicho complejo y la celulosa.
- Sustantividad entre el colorante reactivo hidrolizado y la celulosa.

El efecto b), va aumentando en importancia al utilizar baños usados de tintura, ya que en ellos la concentración de colorante hidrolizado es creciente, respecto al baño inicial de tintura.

3.4. Influencia de los tratamientos sobre el valor (K/S)

Tabla 2.- Valor K/S de los tejidos teñidos con diferentes tipos de tratamientos.

Tipo de tratamiento	Valor K/S ($\lambda=620\text{nm}$)					
	Tintura-1		Tintura-2		Tintura-3	
	(K/S)	DE (CIE-Lab)	(K/S)	DE (CIE-Lab)	(K/S)	DE (CIE-Lab)
CO	4,60	-	0,20	-	0,07	-
CO + Plasma	4,50	0,4	0,20	0,05	0,06	0,8
CO + Cationizado	8,50	9,0	0,50	10,8	0,16	7,9
CO + Plasma + Cationizado	8,40	8,8	0,50	11,5	0,21	10,0
CO + Alcali	4,70	1,0	0,20	0,3	0,05	1,9
CO + Plasma + Alcali	4,8	0,9	0,2	0,4	0,05	1,2

En la tabla 2 se ha determinado el valor (K/S) de todas las tinturas, el cual está directamente relacionado con la concentración de colorante sobre el tejido, y también la diferencia de color en el espacio CIE-Lab entre la tintura sin ningún tratamiento y todos los demás. Los incrementos de (K/S) de los tejidos cationizados son muy importantes, respecto a todos los demás tratamientos. Hemos constatado que las muestras cationizadas producen una ligera desviación a rojo de la tintura, lo cual justifica los valores DE.

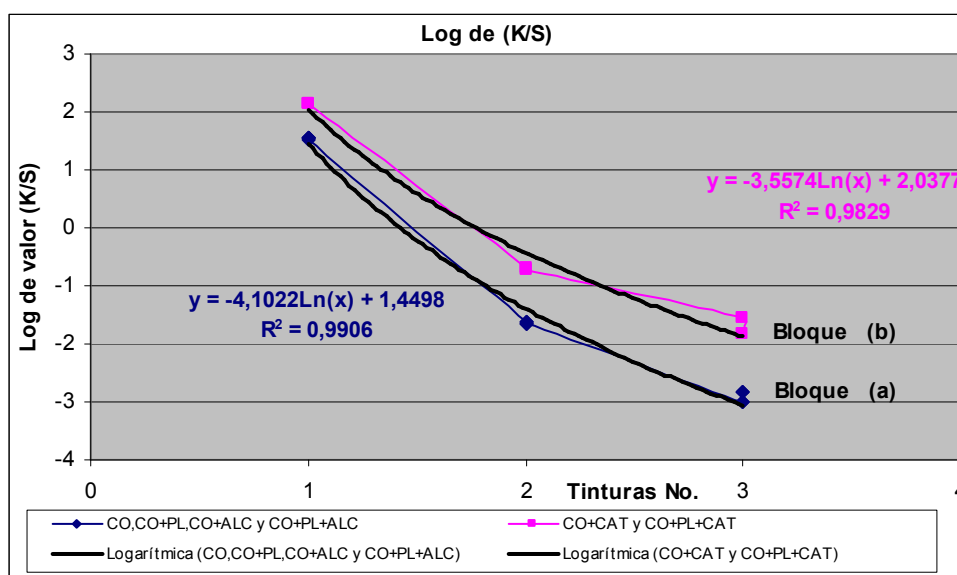


Figura 5. Representación de la evolución del Log (K/S) entre las tres tinturas consecutivas

En la figura 5 se ha representado la evolución del Log de (K/S) en las tres tinturas consecutivas y se demuestra cómo los resultados se agrupan en dos bloques:

a) (CO), (CO+PL), (CO+PL+ALC), (CO+ALC)

y

b) (CO+CAT), (CO+PL+CAT)

3.5. Influencia de los tratamientos sobre la diferencia de color (DE)

En el espacio de color CIE-Lab, una diferencia de color de 1,0 unidades puede detectarse visualmente.

La tabla nº 3 pone en evidencia los elevados valores de DE obtenidos entre dos tinturas sucesivas, como consecuencia de los elevados agotamientos obtenidos en cada una de las tinturas, y la muy inferior cantidad de colorante inicial en cada una de las tinturas sucesivas. Los mayores valores se obtienen sobre las muestras previamente cationizadas.

Tabla 3. Diferencia de color (DE) en el espacio CIE-Lab entre las muestras teñidas

Tipo de tratamiento	DE (CIE-Lab)		
	Tintura-1-Tintura-2	Tintura-2-Tintura-3	Tintura-1-Tintura-3
CO	40.86	9,04	49.15
CO + Plasma	40.51	9,50	49.46
CO + Cationizado	38.90	11,75	50.34
CO + Plasma + Cationizado	38.04	10,23	47.95
CO + Alkali	40.63	10,75	50.58
CO + Plasma + Alkali	41.07	9,81	50.19

3.6. Solidez al lavado de los tejidos de algodón cationizados y teñidos

Solidez al lavado a 60°C

Se realizaron ensayos de solidez al lavado de los tejidos de algodón sometidos a los distintos tratamientos de plasma, cationizado o plasma y cationizado, y teñidos, ya descrito en experimental.

Tabla 4. Solidez a la degradación de la tintura a 60°C (UNE-EN 20105-C03)

Tipo de tintura	CO	CO + Plasma	CO + Cationizado	CO + Plasma + Cationizado	CO + Alkali	CO + Plasma + Alkali
T1	5	4-5	4-5	4	4-5	4-5
T2	4	4	4	3-4	3-4	4
T3	3-4	3-4	4	4	4	3-4

Tabla 5. Solidez a la descarga sobre algodón de la tintura a 60°C (UNE-EN 20105-C03)

Tipo de tintura	CO	CO + Plasma	CO + Cationizado	CO + Plasma + Cationizado	CO + Alkali	CO + Plasma + Alkali
T1	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	5
T2	5	5	5	4-5	5	5
T3	5	5	5	5	4-5	4-5

Los valores de solidez obtenidos deben considerarse como excelentes para una tintura con colorantes reactivos. Es normal el descenso en medio punto en las tinturas T2 y T3, dado que dichas tinturas se efectúan con muy bajas concentraciones iniciales de colorante. El cationizado previo no perjudica a las solideces de las tinturas al lavado.

3.7. Influencia de los aclarados en la tintura

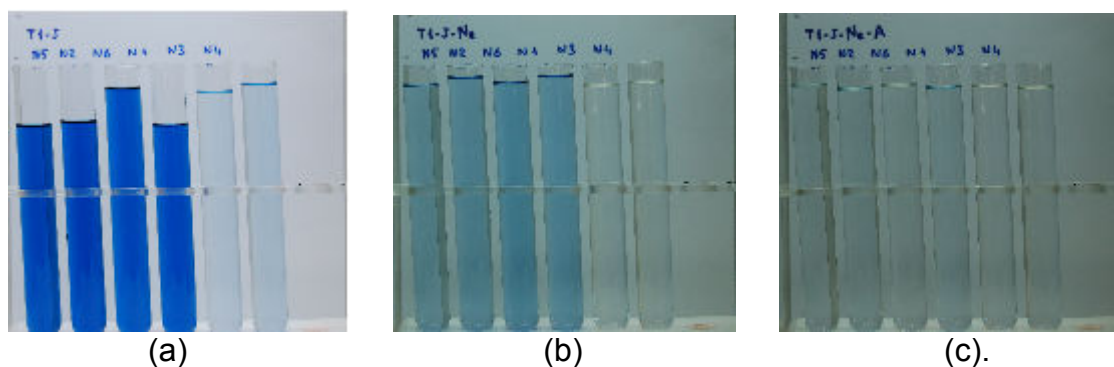


Figura 6. (a) (b) y (c). Aspecto de los baños residuales posteriores al jabonado, al neutralizado y al aclarado de la tintura T1, de izquierda a derecha: (N5: CO+ALC), (N2: CO+PL), (N6: CO+PL+ALC), (N1: CO), (N3: CO+CAT) y (N4: CO+PL+CAT)

En la T1, debemos destacar la baja coloración de los baños residuales de jabonado (a) de los tejidos N3 y N4, lo cual prueba la eficacia del proceso de cationizado. Asimismo puede observarse nula coloración de los baños residuales de neutralizado (b) en los casos N3 y N4. Finalmente puede observarse que los baños residuales de aclarado (c) prácticamente no están coloreados, por lo que dicho baño puede considerarse reutilizable. Además se ha probado que con solo tres baños posteriores a la tintura, ésta puede darse por terminada con excelentes solideces.

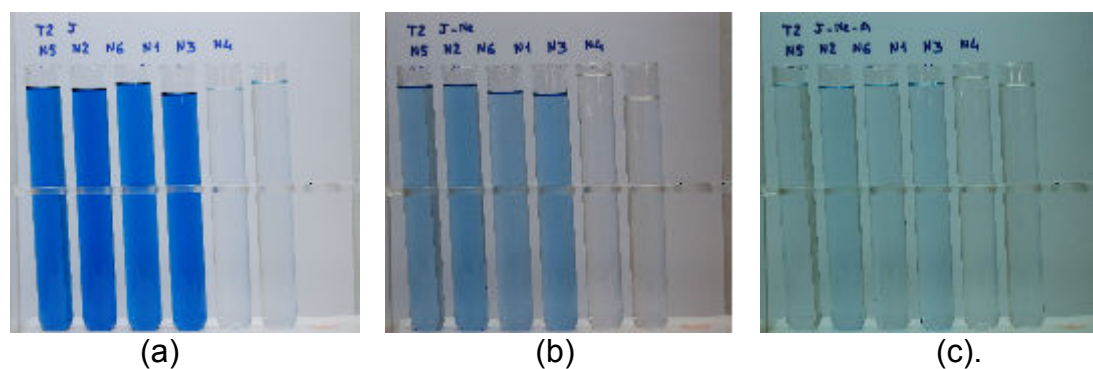


Figura 7. (a) (b) y (c). Aspecto de los baños residuales posteriores al jabonado, al neutralizado y al aclarado de la tintura T2, de izquierda a derecha: (N5: CO+ALC), (N2: CO+PL), (N6: CO+PL+ALC), (N1: CO), (N3: CO+CAT) y (N4: CO+PL+CAT)

En la tintura T2, valen los mismos comentarios que para la T1.

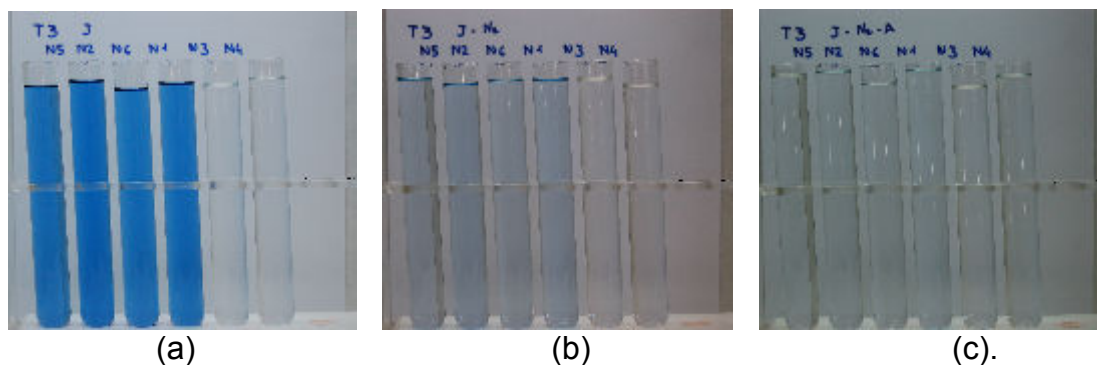


Figura 8. (a) (b) y (c). Aspecto de los baños residuales posteriores al jabonado, al neutralizado y al aclarado de la tintura T3, de izquierda a derecha: (N5: CO+ALC), (N2: CO+PL), (N6: CO+PL+ALC), (N1: CO), (N3: CO+CAT) y (N4: CO+PL+CAT)

En la tintura T3, valen los mismos comentarios que para la T2.

3.8. Evaluación de la capacidad del producto de cationizado para vincular a colorante reactivo hidrolizado

Los anteriores ensayos han demostrado que la epiclorhidrina se asocia por enlace iónico con el colorante reactivo, y con el colorante reactivo hidrolizado. En este apartado vamos a evaluar la capacidad de la epiclorhidrina para vincularse a colorante reactivo totalmente hidrolizado.

El colorante reactivo se ha hidrolizado previamente a la tintura, siguiendo el siguiente procedimiento: en cada tubo de tintura se introdujeron todos los productos químicos, y el colorante (como se ha descrito en 2.3.1), sin el tejido. Cada tubo se calienta a 95°C durante 24h, y se deja enfriar a temperatura ambiente durante otras 24h, siempre con agitación de los tubos a 40 vueltas/min. Después de estas 48h, se introducen los tejidos en los tubos y se realiza el mismo ciclo de tintura que se ha descrito en 2.3.1.

Dado que el colorante reactivo se ha hidrolizado totalmente durante las 48 h anteriores, el agotamiento obtenido es debido a la capacidad de la epiclorhidrina para formar enlaces iónicos con el colorante hidrolizado, y a la sustantividad del colorante hidrolizado por el algodón. Los resultados se resumen en las tablas 6 (correspondiente a la tintura con colorante reactivo, como referencia), y en la tabla 7 (correspondiente a la tintura con colorante totalmente hidrolizado), y en la figura 9.

Tabla 6. Agotamiento de colorante al 1% spf inicial, en tintura con colorante reactivo.

Cationizado	
% producto cationizado s/tejido	Agotamiento
0,0	71,3
0,9	90,4
1,3	91,8
1,5	91,9

Plasma+ Cationizado	
% producto cationizado s/tejido	Agotamiento
0,0	74,1
1,1	88,8
1,2	90,8
1,6	94,5

Tabla 7. Agotamiento de colorante totalmente hidrolizado al 0.65% spf. inicial.

Cationizado	
% producto cationizado s/tejido	Agotamiento
0,0	43,1
0,8	60,6
1,3	66,8
1,5	65,4

Plasma+ Cationizado	
% producto cationizado s/tejido	Agotamiento
0,0	42,5
1,1	57,4
1,2	67,4
1,6	69,3

Puede observarse como el tejido de algodón cationizado a distintas concentraciones de epiclorhidrina, agota más del 60% de la concentración inicial del colorante hidrolizado, mientras que sin producto de cationizado sólo agota del orden del 43 %.

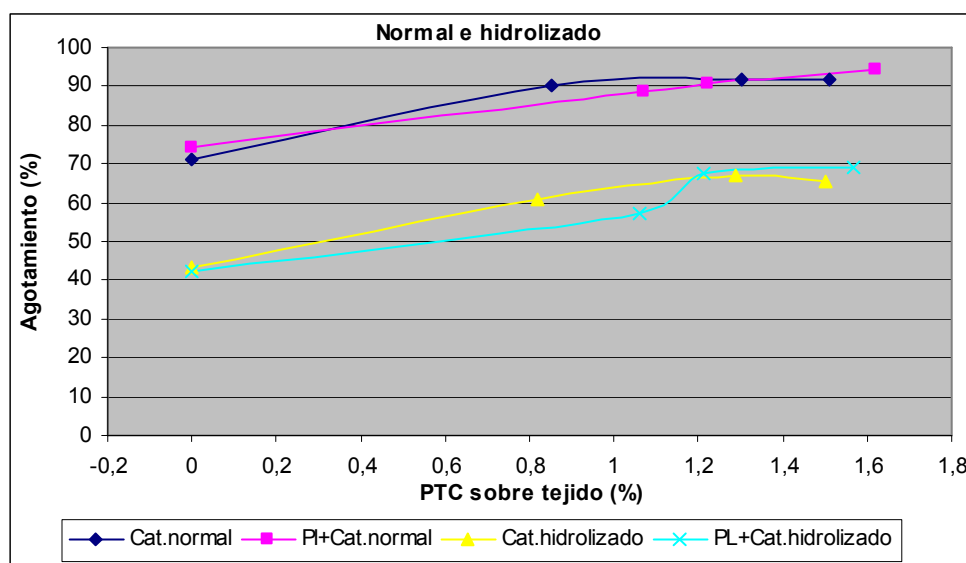


Figura 9. Curvas de agotamiento de las tinturas con colorante normal y previamente hidrolizado, a concentraciones diferentes de agente catiónico.

En la tabla nº. 8 se han determinado las diferencias de color en el espacio CIE-Lab entre las muestras referenciadas en donde se confirma:

- que a mayor concentración de producto catiónico sobre tejido mayor diferencia de color respecto a la muestra no cationizada.

b) que dada la excelente hidrofiliidad inicial del tejido, el tratamiento de plasma no potencia el efecto del cationizado

Tabla 8. Diferencia de color (DE) en el espacio CIE-Lab entre las muestras teñidas con el colorante reactivo previamente hidrolizado

Diferencia de color (CIE-Lab)									
[Colorante] (% spf)	DE CO - (CO+Plasma)	DE [CO - (CO+Cationizado)]				DE [CO - (CO+Plasma+Cationizado)]			
		0%	0,82%	1,29%	1,5%	0%	0,82%	1,29%	1,5%
		0,65	1,43	0,78	32,84	35,26	34,82	1,09	32,06

La solidez a 40°C (UNE-EN 20105-C01) de la tintura con colorante reactivo totalmente hidrolizado, es perfectamente comparable o incluso mejor que las solidez obtenidas en la tintura de algodón con colorantes directos

Tabla 14. Solidez a la degradación de la tintura previamente hidrolizada a 40°C (UNE-EN 20105-C01)

[Colorante] (% spf)	CO + Cationizado			CO + Plasma + Cationizado		
	0,82%	1,29%	1,5%	0,82%	1,29%	1,5%
0,65	Degradación					
	4-5	3-4	4-5	4	4	3-4
	Descarga					
	5	5	5	4-5	4-5	4-5

4. Conclusiones

1. El estudio experimental se ha desarrollado con un proceso de tintura con colorantes reactivos hetero bis-funcionales de alto agotamiento, y con bajo consumo de agua, ya que se consume un baño para la tintura, y tres baños, uno de jabonado, otro de neutralizado, y uno final de aclarado, el cual es reutilizable para otros procesos.

2. El tratamiento de plasma atmosférico actúa sobre los primeros nanómetros de la superficie de la fibra, y produce incrementos muy importantes de la humectabilidad superficial. Por los resultados obtenidos no funcionaliza la superficie de la fibra. En consecuencia el incremento de agotamiento de colorante a que da lugar es consecuencia de la aceleración de la etapa de absorción del colorante desde la superficie absorbida a las primeras etapas de difusión. Con ello la entrada de colorante al interior de la fibra no se ve obstruida por el colorante adsorbido. También la difusión del álcali hacia el interior de la fibra puede ser mas rápida, con lo que la probabilidad de

incrementar la reacción colorante - fibra aumenta a expensas de la reacción de hidrólisis tanto en el baño, como en el interior de la fibra.

3. No parece que el tratamiento previo con plasma incremente la extensión de la reacción de cationizado con epiclorhidrina, aunque quizá pueda mejorar la uniformidad de la reacción, lo cual es una cuestión fundamental en todos los procesos de cationizado.

4. Se ha demostrado que el álcali necesario para que se produzca la reacción de cationizado no afecta ni al agotamiento, ni al valor K/S de la tintura, por lo que se ha demostrado que el importante incremento de % de agotamiento del colorante reactivo sobre la fibra, del orden de 20 a 25%, y que el importante aumento de K/S de la tintura, del orden del 45 al 60%, se debe exclusivamente a la epiclorhidrina de cationizado. Ello supone unas diferencias de color entre las muestras teñidas del orden del 8 al 11%, y por tanto harían que una tintura al 1% sobre algodón normal pudiera realizarse a muy inferior concentración inicial sobre el mismo algodón cationizado.

5. El colorante reactivo hidrolizado presenta una elevada sustentividad por la fibra, ya que agota del orden del 40 %, y las solideces obtenidas son buenas para el grupo de los colorantes directos sobre algodón. Una concentración baja de epiclorhidrina sobre el algodón del orden del 1 %, permite incrementar aquél agotamiento en más del 50 %.

5. Bibliografía

1. E. I. Bureau, IPPC Reference Document on Best Available Techniques for the Textile Industry, European Comission, Directorate General JRC, Seville (2003)
2. A. Patiño, C. Canal, G. Caballero, C. Rodríguez, A. Navarro, J. M. Canal *Influencia del cationizado de tejidos con y sin tratamiento con plasma sobre la tintura con colorantes reactivos*, (2007), Revista de Química Textil (Ed. Internacional), **183**, 58-67.
3. M. Montazer, R. M. A. Malek, and A. Rahimi. *Salt Free Reactive Dyeing of Cationized Cotton*, (2007), Fibers and Polymers, **6**, 608-612.
4. Julià M.R., Cot M., Erra P., Jovic D., Canal J.M., Textile Chemist and Colourist 30, (1998), 78-83.
5. Canal J.M., Navarro A., Calafell M., Rodríguez, C., Caballero G., Vega V., Canal C., Paul R., Coloration Technology 20, (2004), 311-315.
6. Hauser P.J., Adham H.T., "Improving the environmental and economic aspects of cotton dyeing using a cationised cotton", Coloration Technology 117 (2001), pag. 282-288.
7. Mehmet Kanik y Peter Hauser, "Printing of cationised cotton with reactive dyes", Coloration Technology, pag.300-306, 118(2002).
8. Canal C., Molina R., Erra P., Ricard A. *Effects of N₂ post-discharge plasma treatments on wool fabrics* (2006) European Physical Journal of Applied Physics **36**, 35-41.

9. Canal C., Molina R., Bertrán E., Erra P. *Wettability, ageing and recovery process of plasma treated polyamide 6* (2004) *Journal of Adhesion Science and Technology* **13**, 1077-1089
10. Test Method-81 AATCC.
11. H. Wang and D. M. Lewis, *Color. Technol.*, **118**, 159 (2002)
12. Norma solidez al lavado (UNE-EN 20105-C03)
13. Norma solidez al lavado (UNE-EN 20105-C01)
14. Canal C. *Propiedades de mojado y tintura de poliamida 6 tratada con plasma* (2004) *Revista de Química Textil (Ed. Internacional)* **168** 36-52.