

BLANQUEO DE LA LANA CON BISULFITO SÓDICO EN PRESENCIA DE LAURISULFATO SÓDICO

J. Gacén*, J. Cegarra**, M. Caro*** y D. Cayuela****

0.1. Resumen

El blanqueo de la lana con bisulfito sódico en presencia de laurilsulfato sódico permite mejorar en unas cuatro unidades Berger la blancura de la lana y, simultáneamente, una disminución del 25% en el contenido de cisteína de la lana como consecuencia de la acción protectora del tensioactivo sobre el enlace disulfuro de la queratina.

Palabras clave: Lana, blanqueo, bisulfito sódico, laurilsulfato sódico.

0.2. Summary. WOOL BLEACHING WITH SODIUM BISULPHITE IN THE PRESENCE OF SODIUM LAURYL SULPHATE

Bleaching wool with sodium bisulphate in the presence of sodium lauryl sulphate permits a four Berger unit improvement in wool whiteness and also leads to a 25% decrease in the cysteine content of the wool as a consequence of the protective action of the surfactant on the disulphide bond of keratin.

Key words: Wool, bleaching, sodium bisulphate, sodium lauryl sulphate.

0.3. Résumé. BLANCHIMENT DE LA LAINE AVEC DU BISULFITE DE SODIUM EN PRÉSENCE DE LAURYL-SULFATE DE SODIUM

Le blanchiment de la laine avec du bisulfite de sodium en présence de lauryl-sulfate de sodium permet d'améliorer de quatre unités Berger la blancheur de la laine et, simultanément, de diminuer de 25% la teneur de la laine en cystéine, grâce à l'action protectrice du tensio-actif sur la liaison disulfure de la kératine.

Mots clé: Laine, blanchiment, bisulfite de sodium, lauryl-sulfate de sodium.

* Dr. Ing. Joaquín Gacén Guillén, Catedrático de Universidad de Polímeros Textiles en la E.T.S.I.I.T., Departamento de Ingeniería Textil y Papelera (U.P.C.), Jefe del Laboratorio de Polímeros Textiles del INTEXTER (U.P.C.).

** Dr. Ing. José Cegarra Sánchez, Profesor Emérito de la Universidad Politécnica de Catalunya. Terrassa.

*** Montserrat Caro Silanes, Ingeniero Técnico.

**** Dra. en Ciencias Químicas, Diana Cayuela Marín, Colaboradora de Investigación de la Universidad Politécnica de Catalunya, en el Laboratorio de Polímeros Textiles del INTEXTER (U.P.C.).

1. INTRODUCCIÓN

En trabajos anteriores se ha estudiado sistemáticamente el blanqueo reductor de la lana utilizando diversos agentes reductores hidrosulfito estabilizado a base de sales del ácido sulfúrico, hidrosulfito no estabilizado, dióxido de tiourea¹⁻³. Los blanqueos se realizaron variando el pH, la concentración de agente reductor y la temperatura y tiempo de la operación. Los tratamientos de blanqueo se realizaron tanto en ausencia como en presencia del agente tensioactivo lauril sulfato sódico (SLS), cuya presencia en el baño de blanqueo permite aumentar la blancura de la lana y proteger parcialmente al enlace disulfuro de la sulfitolisis. Concretamente, la formación de cisteína puede llegar a reducirse en un 30%, aproximadamente.

En un estudio posterior⁴ se ha llegado a la conclusión de que la mejora de la blancura que se deriva de la presencia de SLS en el baño de blanqueo es la misma que resulta cuando la lana es tratada en las mismas condiciones pero en ausencia de agente blanqueador reductor en el baño. También se ha estudiado el modo de eliminar el tensioactivo absorbido por la lana en el proceso de blanqueo y el efecto que el tratamiento de eliminación produce en las propiedades ópticas de la lana.

El presente estudio se refiere al blanqueo de la lana con bisulfito sódico como continuación de trabajos anteriores y aplicando la misma metodología.

2. EXPERIMENTAL

2.1. Materia

Se ha utilizado un peinado de lana merina de Suráfrica con las siguientes características: finura 22 μm ; solubilidad alcalina, 13,3%; contenido de cisteína, 0,27%; pH del extracto acuoso, 7,6; grado de blanco IWTO, 54,9; índice de Berger, 16,1; índice de amarillo, 30,5.

2.2. Productos químicos

- Bisulfito sódico, reactivo análisis.
- Laurilsulfato sódico comercial, con un 30% de materia activa.

2.3. Tratamientos

La lana fue previamente lavada con Sandozina NIA (1 g/l) a 30°C, después de lo cual fue aclarada con agua destilada y secada al aire. Inicialmente, el blanqueo se realizó en un baño que

contenía 3 g/l de bisulfito sódico durante 2h, a 50°C, y con una relación de baño 1/30. Manteniendo constantes estas condiciones, se varió el pH de blanqueo (3.0-6.5), así como la concentración de SLS en el blanqueo a pH 5.5. El pH se reguló con acético-acetato o con NaOH-KH₂PO₄. Después del blanqueo, la lana fue repetidamente lavada con agua destilada, secada al aire y finalmente homogeneizada.

2.4. Determinación del efecto de blanqueo

La blancura de la lana fue determinada utilizando la ecuación de Berger⁵⁾. El índice de amarillo se midió siguiendo la Norma ASTM⁶⁾. El ataque químico experimentado por la queratina fue evaluado determinando el contenido de cisteína según el método de Ellman⁷⁾. Los valores del contenido de cisteína indicados en las tablas correspondientes están referidos al peso de la lana seca, después de deducir la cantidad de SLS retenido por la lana a los diferentes pH de blanqueo. La cantidad de SLS absorbido por la lana fue determinada por análisis gravimétrico después de pasar el laurilsulfato sódico a sulfato bórico.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos están contenidos en las Tablas 1-5 y representados gráficamente en las Figuras 1-5.

3.1. Influencia del pH

Sin modificar la concentración de bisulfito sódico (3 g/l) y de SLS (5 g/l), ni la temperatura y tiempo de tratamiento (50 °C y 2 horas, respectivamente) los blanqueos se han realizado entre pH 3.0 y 6.5. De la Tabla 1 y de la Fig. 1 se deduce que cuando se blanquea en ausencia de SLS el contenido de cisteína de las lanas blanqueadas disminuye mucho entre pH 3,0 y 4,5, aumenta algo a pH 5, vuelve a disminuir bruscamente cuando se pasa a pH 6 y lo hace menos pronunciadamente desde este pH hasta pH 6,5. Aunque más mitigada, la evolución es similar cuando se blanquea en presencia de SLS.

De la misma Tabla 1 se deduce también que la protección del enlace disulfuro que se deriva de la presencia de SLS es muy importante entre pH 3 y 4, y escasa o muy escasa a partir de pH 5,5. La disminución del contenido de cisteína es aproximadamente del 30% a pH 3,5, del 15% a pH 5,5 y de sólo el 5% a pH 6,5.

En cuanto a la blancura de la lana, se observa que cuando se blanquea en ausencia de SLS el índice de Berger alcanza su máximo valor a pH 3. Entre pH 3,5 y 5,5, parece que disminuye algo y experimenta cierto aumento a partir de este valor. No obstante es preciso señalar que la

diferencia máxima que presenta el índice de Berger de las lanas blanqueadas entre pH 3,5 y 6,5 es de sólo 1,5 unidades. Cuando el blanqueo se realiza en presencia de SLS, parece suceder que la máxima blancura se consigue a pH 6 y la diferencia en el índice de Berger en todo el intervalo es inferior a 1,5 unidades.

El índice de amarillo de las lanas blanqueadas en ausencia de SLS varía entre 25,4 y 26,3, y el de las blanqueadas en presencia de este tensioactivo entre 24,1 y 25,5. La mejora del índice de amarillo que se deriva de su presencia oscila entre 0,1 y 1,8 unidades. En los comentarios posteriores no se hará mención de la evolución del índice de amarillo cuando varían las condiciones de blanqueo porque su evolución es similar, aunque de signo contrario, a la del índice de Berger. No obstante, en las tablas correspondientes se incluyen los valores de este parámetro por lo muy familiar que resulta al público.

De lo que se acaba de indicar se deduce que el pH del baño de blanqueo con bisulfito sódico influye muy poco en la blancura de la lana, y desde luego mucho menos que cuando se blanquea con los reductores anteriormente estudiados. Por otra parte se aprecia que entre pH 4,5 y 6,5, la mejora de la blancura que se deriva de la presencia de SLS puede estimarse en unas 4 unidades Berger.

Habida cuenta del contenido de cisteína, de la blancura de la lana y de la protección del enlace disulfuro cuando se blanquea en presencia de SLS, el pH más adecuado está situado en el intervalo 5,5-6,5. A este respecto se ha mantenido constante el valor 5,5 para estudiar a continuación la influencia de las demás variables en el blanqueo de la lana con bisulfito sódico.

TABLA 1

Influencia del pH en los parámetros de lana blanqueada

pH	SLS (g/l)	Cisteína (%)	Índice Berger	Índice Amarillo
3.0	-	2.94	27.8	25.6
	5	2.33	29.2	25.5
3.5	-	2.86	26.4	25.4
	5	2.01	28.8	25.3
4.0	-	2.58	26.3	26.2
	5	1.83	29.0	25.2
4.5	-	1.97	26.1	25.9
	5	1.67	30.3	24.5
5.0	-	2.17	25.5	25.8
	5	1.68	29.2	25.1
5.5	-	1.35	24.9	26.3
	5	1.14	29.2	24.7
6.0	-	1.21	25.7	26.3
	5	1.15	30.0	24.5
6.5	-	1.05	25.9	25.7
	5	1.00	30.1	24.1
Lana no tratada		0.35	16.1	30.5

Condiciones constantes: NaHSO₃, 3g/l; 2h; 50°C

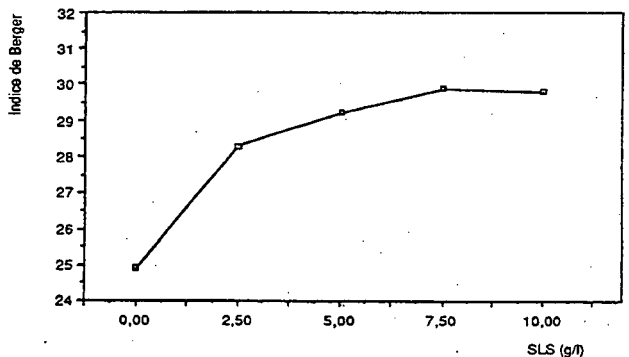
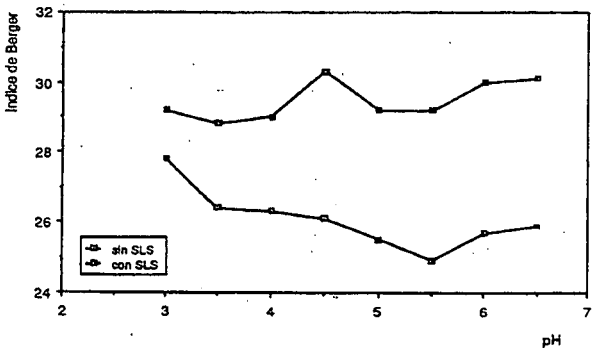
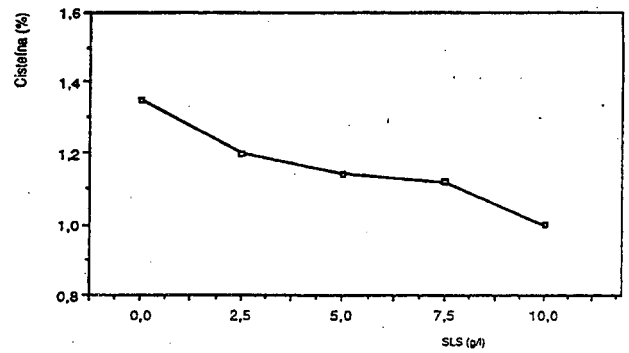
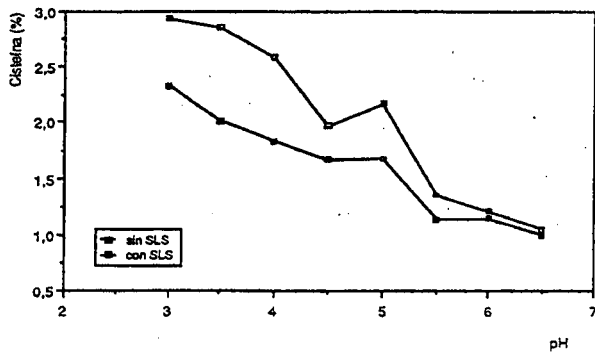


FIGURA 1: Evolución del contenido de cisteína y del índice de Berger en función del pH del baño de blanqueo con bisulfito sódico en presencia y ausencia de SLS.
 (NaHSO₃, 3 g/l; 2 h; 50°C)

FIGURA 2: Influencia de la concentración de SLS en el contenido de cisteína y del índice de Berger.
 (NaHSO₃, 3 g/l; pH 5,5; 2 h; 50°C)

3.2. Influencia de la concentración de SLS

En la Tabla 2 y en la Fig. 2 se observa que al variar la concentración de SLS entre 2,5 y 10 g/l, el contenido de cisteína disminuye mucho entre 0 y 5 g/l y muy escasamente entre 5 y 10 g/l. El índice de Berger aumenta mucho entre 0 y 2,5 g/l, menos entre 2,5 y 7,5 g/l y nada al pasar a 10 g/l. La consideración conjunta de estos resultados sugiere que la concentración de 5 g/l es la más adecuada ya que permite conseguir la casi máxima protección del enlace disulfuro y una buena mejora del blanco, a la vez que evita una mayor cantidad de vertidos.

3.3. Influencia de la concentración de bisulfito sódico y de la temperatura y tiempo de blanqueo

En ausencia y en presencia de SLS, el contenido de cisteína aumenta notablemente entre 1,5 y 3,0 g/l, menos o casi nada entre 3,0 y 4,5 g/l y más pronunciadamente entre 4,5 y 6,0 g/l. La protección del enlace disulfuro para concentraciones de bisulfito entre 3,0 y 6,0 g/l es de 0,2-0,3 unidades porcentuales de cisteína (Tabla 3 y Fig. 3).

TABLA 2

Influencia de la concentración de SLS en el baño de blanqueo

SLS (g/l)	Cisteína (%)	Indice Berger	Indice Amarillo
-	1.35	24.9	26.3
2.5	1.20	28.3	25.6
5	1.14	29.2	24.7
7.5	1.12	29.9	24.8
10	1.00	29.8	24.7

Condiciones constantes: Na H SO₃, 3 g/l; pH 5,5; 2h; 50°C

TABLA 3

Influencia de la concentración de bisulfito sódico

Na H SO ₃ (g/l)	SLS (g/l)	Cisteína (%)	Indice Berger	Indice Amarillo
1.5	-	1.05	24.4	26.5
	5	0.89	28.6	25.4
3	-	1.35	24.9	26.3
	5	1.14	29.2	24.7
4.5	-	1.40	26.5	26.3
	5	1.19	30.4	24.5
6	-	1.58	26.6	25.9
	5	1.37	31.7	24.0

Condiciones constantes: pH; 5,5; 2 h; 50°C

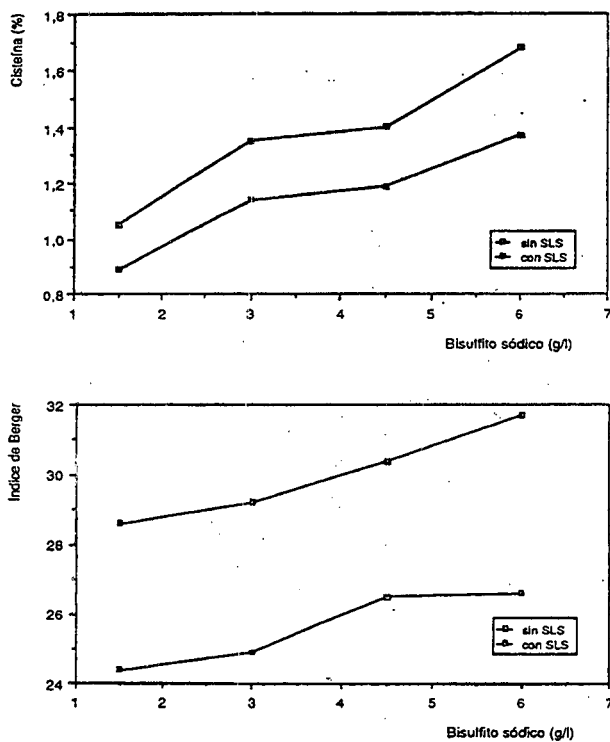


FIGURA 3: Influencia de la concentración de bisulfito sódico en el contenido de cisteína y en el índice de Berger de la lana blanqueada en presencia y ausencia de SLS. (pH 5,5; SLS, 5 g/l; 2 h; 50°C)

El índice de Berger aumenta con la concentración de bisulfito pero permanece constante cuando se pasa de 4,5 a 6,0 g/l. En presencia de SLS, la mejora de la blancura se presenta en todo el intervalo de concentraciones.

A la vista de los resultados de la Tabla 3 parece adecuado elegir la concentración de 4,5 g/l como la más adecuada en el blanqueo de la lana con bisulfito sódico y para estudiar después la influencia de la temperatura y del tiempo de blanqueo.

Al estudiar la acción de la temperatura en el blanqueo con bisulfito sódico, se aprecia que al pasar de 45 a 50°C se produce un ligero aumento del contenido de cisteína y que este parámetro permanece prácticamente constante entre 50 y 65°C, todo ello referido al blanqueo en ausencia de SLS. En presencia de este tensioactivo el contenido de cisteína aumenta muy ligeramente entre 45 y 55°C y permanece prácticamente constante a partir de esta temperatura (Tabla 4 y Fig. 4).

TABLA 4

Influencia de la temperatura del baño de blanqueo

Temperatura (°C)	SLS (g/l)	Cisteína (%)	Índice Berger	Índice Amarillo
45	-	1.33	26.0	26.3
	5	1.13	29.6	25.4
50	-	1.40	26.5	26.3
	5	1.19	30.4	24.5
55	-	1.40	26.4	25.9
	5	1.22	30.5	24.3
60	-	1.40	27.0	25.4
	5	1.20	31.0	24.4
65	-	1.41	27.5	25.7
	5	1.24	31.0	24.5

Condiciones constantes: pH:5,5, NaHSO₃, 4,5 g/l; 2 h

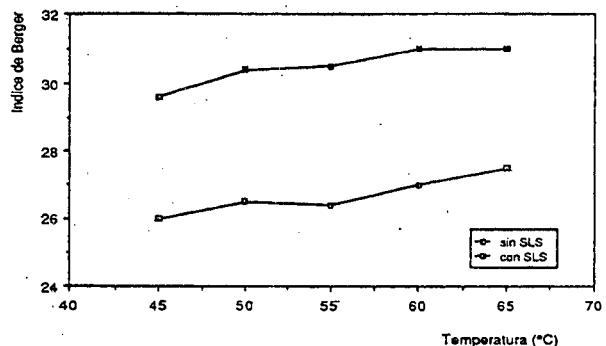
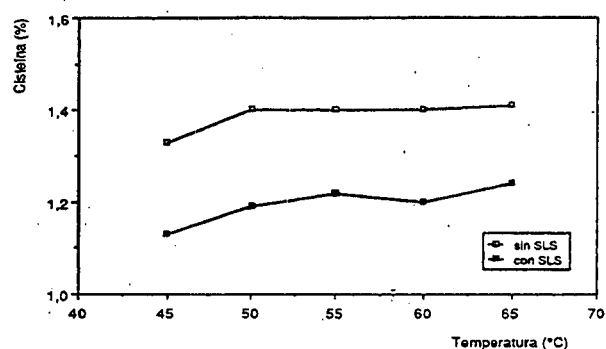


FIGURA 4: Influencia de la temperatura de blanqueo en el contenido de cisteína y en el índice de Berger de la lana blanqueada en presencia y ausencia de SLS.

(pH 5,5; SLS, 5 g/l; NaHSO₃, 4,5 g/l; 2h)

El índice de Berger no varía entre 45 y 55°C cuando se blanquea en ausencia de SLS. Entre 55 y 60°C mejora unas 1,5 unidades y se mantiene casi igual a 65°C. En presencia de SLS parece que se produce un aumento de casi una unidad Berger cuando la temperatura pasa de 45 a 50°C y la variación es menos acusada a partir de esta temperatura. Tanto en presencia como en ausencia de SLS, parece suceder que el blanqueo a 60°C es

el que conduce a mejores blancos. No obstante, puede afirmarse que ni el contenido de cisteína ni el índice de Berger son muy sensibles en el intervalo de temperaturas 50-65°C, tanto en presencia como en ausencia de SLS. Por esta razón se ha creído conveniente mantener la temperatura de 50°C al estudiar la influencia de la variable tiempo.

TABLA 5
 Influencia del tiempo de blanqueo

Tiempo (h)	SLS (g/l)	Cisteína (%)	Índice Berger	Índice Amarillo
0.5	0	1.08	26.6	26.4
	5	0.75	27.6	25.9
1.0	0	1.15	26.5	26.3
	5	0.88	30.4	24.5
1.5	0	1.27	27.1	26.2
	5	1.02	30.3	24.5
2.0	0	1.40	27.8	25.8
	5	1.19	30.4	24.6
2.5	0	1.43	27.5	26.2
	5	1.13	31.0	23.9
3.0	0	1.48	27.7	25.5
	5	1.15	30.9	24.6

Condiciones constantes: pH; 5,5; Na H SO₃; 4,5 g/l; 50 °C

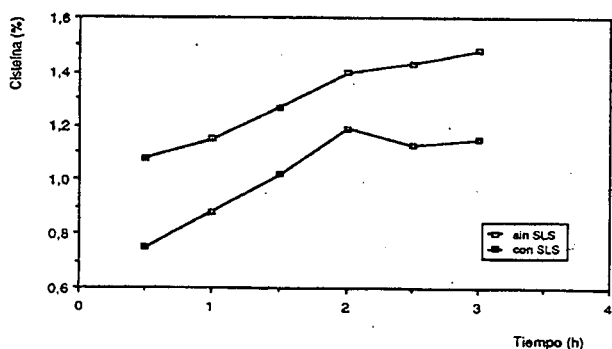
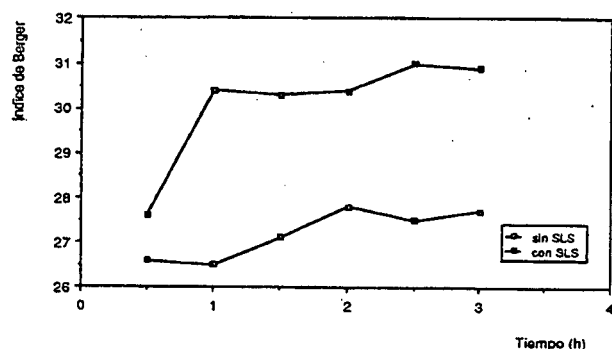


FIGURA 5: Influencia del tiempo de blanqueo en el contenido de cisteína y en el índice de Berger de la lana blanqueada en presencia y ausencia de SLS. (pH 5,5; SLS, 5 g/l; NaHSO₃, 4,5 g/l; 2h)

La variable tiempo influye según se indica en la Tabla 5 y en la Fig. 5, pudiéndose apreciar que en la lana blanqueada en ausencia de SLS se produce un aumento lineal del contenido de cisteína a medida que aumenta el tiempo de blanqueo entre 0,5 y 2 horas, y también lineal pero con menos pendiente entre 2 y 3 horas. Cuando se blanquea en presencia de SLS, el contenido de cisteína aumenta linealmente entre 0,5 y 2 horas y parece estabilizarse a partir de este tiempo.

En ausencia de SLS, el índice de Berger aumenta entre 1 y 2 horas y se mantiene constante a partir de este tiempo. En presencia de este tensioactivo se produce un importante aumento entre 0,5 y 1 hora y varía poco a partir de este tiempo.

Al considerar conjuntamente la evolución del contenido de cisteína y del índice de Berger, se deduce que un tiempo de blanqueo de 1-2 horas parece adecuado. No obstante, y sobre todo en presencia de SLS, un tiempo de 1 hora es el más conveniente puesto que, para una misma blancura, es mucho menor el contenido de cisteína.

De los resultados correspondientes a la influencia de la concentración de bisulfito sódico y de la temperatura y tiempo de blanqueo en presencia de SLS, se deduce que las mejores condiciones parecen ser:

pH 5,5
 Bisulfito sódico 4,5 g/l
 Temperatura de blanqueo 50°C
 Tiempo de blanqueo 1 hora
 Laurilsulfato sódico 5 g/l

Estas condiciones de blanqueo permiten conseguir una importante protección del enlace disulfuro y una bastante mayor blancura con respecto a cuando se blanquea en ausencia de SLS. Las cifras que se dan en el apartado conclusiones corresponden al blanqueo realizado en estas condiciones.

4. CONCLUSIONES

4.1. El blanqueo de la lana con bisulfito sódico en presencia de SLS conduce a una blancura muy superior (unas cuatro unidades Berger) a cuando se blanquea en ausencia de SLS.

4.2. Además de una lana más blanca, el blanqueo en presencia de SLS permite una protección del enlace disulfuro, ya que el contenido de cisteína es un 25% más bajo que cuando se blanquea en ausencia de SLS.

4.3. Habida cuenta del pH de blanqueo (5,5), la fijación de SLS por parte de la lana no puede realizarse por vía salina.

4.4. La protección del enlace disulfuro es consecuencia del aumento de la carga neta que resulta de la fijación de SLS por la queratina, lo cual

significa un más difícil acceso del anión reductor al enlace disulfuro.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Sra. Escamilla (M^a Carmen) su ayuda en el trabajo experimental. También agradecen a la Wool Foundation la ayuda económica para realizarlo.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Gacén, J.; Cegarra, J. y Caro, M.; Bull.1.Scient.ITF, Vol. 15, nº 58, p. 33. (1986)
2. Gacén, J.; Cegarra, J. y Caro, M.; J. Soc. Dyers and Colourists, Vol. 105, December p. 438 (1989).

3. Gacén, J.; Cegarra, J. y Caro, M.; J. Soc. Dyers and Colourists, Vol. 107, p. 131, April (1991).
4. Gacén, J.; Cegarra, J. y Caro, M.; J. Soc. Dyers and Colourists, Vol. 108, pág. 35, July/August (1992).
5. Berger, A.; Die Farbe, **8**, p. 157 (1959).
6. ASTM, D-1925 Method.
7. Eilman, G.L.; Biophys, p. 82, (1959).

Trabajo presentado en: 1998.12.15.

Aceptado en: 1998.12.18.