

## BLANQUEO OXIDANTE/REDUCTOR DE LA LANA (PARTE 1)<sup>·)</sup>

J. Gacén\* y D. Cayuela\*\*

### 0.1. Resumen

Un peinado de lana merina australiana ha sido directamente blanqueado con diferentes agentes reductores (Blankit IN, dióxido de tiourea, hidrosulfito sódico y bisulfito sódico, en presencia y ausencia de laurilsulfato sódico). También ha sido blanqueado con peróxido de hidrógeno en tres condiciones diferentes que han conducido a tres sustratos de diferente blancura. Estos últimos han sido después blanqueados con los anteriores agentes reductores en las mismas condiciones (blanqueo combinado). Los sustratos resultantes han sido caracterizados a través de parámetros ópticos (índice de Berger, índice de amarillo) y de parámetros químicos (solubilidad en álcali, ácido cistéico y cisteína).

**Palabras clave:** Lana, blanqueo oxidante, blanqueo reductor, blanqueo combinado, ataque químico

### 0.2. Summary: OXIDANT/REDUCING AGENT BLEACHING OF WOOL (PART 1)

A combing of Australian Merino wool was directly bleached with various reducing agents (Blankit IN, thiourea dioxide, sodium hydrosulphite and sodium bisulphite, both in the presence and absence of sodium laurylsulphate). It was also bleached using sodium hydrosulphite under three different sets of conditions, which led to three different bleaching substrates. The latter were then bleached using the above reducing agents under the same conditions (combined bleaching). The resulting substrates were classified by means of optical parameters (Berger index and yellow index) and by chemical parameters (solubility in alkali, cysteic acid and cysteine).

**Key words:** Wool, oxidant bleaching, reducing bleaching, combined bleaching, chemical attack

### 0.3. Résumé: BLANCHISSEMENT OXYDANT/RÉDUCTEUR DE LA LAINE (PARTIE 1)

Une laine de mérinos australienne peignée a été blanchie directement à l'aide de différents agents réducteurs (Blankit IN, dioxyde de thiourée, hydrosulfite de sodium et bisulfite de sodium, en présence ou non de sulfate de lauryle de sodium). Elle a par ailleurs été blanchie avec du peroxyde d'hydrogène selon trois formules différentes, lesquelles ont débouché sur trois substrats de blancheur différente. Ces derniers ont ensuite été blanchis à l'aide des agents réducteurs susmentionnés dans les mêmes conditions (blanchissement combiné). Les substrats qui en ont résulté ont été classés en fonction de paramètres optiques (indice de Berger, indice de jaune) et chimiques (solubilité en alcali, acides cystéiques et cystéine).

**Mots clé:** Laine, blanchissement oxydant, blanchissement réducteur, blanchissement combiné, attaque chimique

## 1. INTRODUCCIÓN

Determinados artículos de lana requieren blancos intensos que hacen necesario un blanqueo oxidante con peróxido de hidrógeno seguido de un blanqueo con un agente reductor. Es lo que se conoce como blanqueo combinado que permite conjuntar una mayor blancura y un blanco más grato.

En un blanqueo combinado es posible variar la intensidad del blanqueo oxidante y/o la del blanqueo reductor. En este trabajo se ha optado por variar la del blanqueo oxidante y proceder al blanqueo posterior con diferentes agentes reductores en condiciones previamente optimizadas<sup>1-4)</sup>. Para ello se ha partido de una lana que ha sido sometida a blanqueos oxidantes de diferente intensidad a los que les ha seguido un blanqueo con diferentes agentes reductores (Blankit IN, dióxido de tiourea, hidrosulfito sódico, bisulfito sódico). La misma lana inicial ha sido blanqueada con los mismos agentes reductores sin haber experimentado el blanqueo oxidante previo. Todos los blanqueos reductores han sido realizados en presencia y en ausencia del tensioactivo laurilsulfato sódico (SLS), a efectos de estudiar la mejora que la presencia de este producto puede significar en la blancura de la lana y en la protección de su enlace disulfuro cuando el correspondiente blanqueo reductor es precedido de un blanqueo oxidante.

Un trabajo planificado de este modo permitirá estudiar con cierto detalle: 1) el aumento

·) Este trabajo fue publicado en la revista "American Dyestuff Reporter, June 1998, pp. 24-29.

\* Dr. Ing. Joaquín Gacén Guillén. Catedrático de Universidad de Polímeros 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.)

\*\* 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.)

de blancura que se deriva del correspondiente blanqueo reductor en función de la intensidad del blanqueo oxidante previo; 2) el aumento de blancura que se produce separadamente o conjuntamente en el blanqueo oxidante y en el blanqueo reductor y compararlo con el que resulta de un blanqueo combinado; 3) la influencia del SLS cuando este producto está presente en el blanqueo reductor que sigue al blanqueo oxidante y compararla con la que tiene lugar sin que éste la preceda.

Por el mayor margen de interpretación que ofrece, se ha partido en este primer estudio de una lana no muy blanca.

## 2. PARTE EXPERIMENTAL

### 2.1. Materia

Como materia previa se ha hecho uso de un peinado de merino procedente de Australia, cuyas características están indicadas en la Tabla 1.

**TABLA 1**  
Características de la lana utilizada

Finura ( $\mu\text{m}$ )	23,0
Tenacidad (cN/tex)	18,0
Solubilidad alcalina (%)	11,2
Solubilidad en urea-bisulfito (%)	33,6
Ácido cisteico (%)	0,14
Cisteína (%)	0,25
Índice de Berger	3,1
Índice de Amarillo	37,4

### 2.2. Productos

- Peróxido de hidrógeno, 35% (Foret)
- Bisulfito sódico (reactivo analítico)
- Hidrosulfito sódico (reactivo analítico)
- Dióxido de tiourea, 100% materia activa (Lorinol R, Henkel)
- Blankit IN (hidrosulfito estabilizado, ditionito, BASF)
- Laurilsulfato sódico comercial, 30% materia activa (Kao Corporation).

- Blanqueo 1.....2 vol O/I, 1 hora (Lote 1)
- Blanqueo 2.....3 vol O/I, 1 hora (Lote 2)
- Blanqueo 3.....3 vol O/I, 2 horas (Lote 3)

Una vez preparado el baño de blanqueo correspondiente se ambientó a 55°C y, después de transcurridos 15 minutos, se introdujo la lana y se empezó a contar el tiempo de blanqueo, agitándose suavemente cada 20 minutos. Finalizado el tiempo de blanqueo se lavó la materia con abundante agua destilada, se escurrió, se secó a temperatura ambiente y se uniformizó.

### 2.3. Tratamientos de blanqueo

#### 2.3.1. Blanqueo oxidante

Se prepararon sustratos blanqueados con peróxido de hidrógeno a 55°C en baños que contenían 4,5 g/l de Estabilizador C, 1 g/l de Sandozina NIA (relación de baño 1/30) en diferentes condiciones de concentración de peróxido de hidrógeno y de tiempo.

#### 2.3.2. Blanqueo reductor

El blanqueo reductor de la lana original y de las lanas blanqueadas previamente con peróxido de hidrógeno (lotes 1, 2 y 3) se realizó en las condiciones señaladas en la Tabla 2.

**TABLA 2**  
Condiciones de blanqueo con diferentes agentes reductores

Agente reductor	pH	Concentración (g/l)	Temperatura (°C)	Tiempo (h)
Dióxido de tiourea	6	1,5	70	2
Blankit IN	7	4	60	2
Hidrosulfito sódico	5	5	60	2
Bisulfito sódico	5,5	4,5	60	2

Los baños fueron tamponados con ácido acético/acetato sódico, (hidrosulfito sódico y bisulfito sódico), o fosfato monopotásico/hidróxido sódico (dióxido de tiourea). Por su parte, el Blankit IN contiene un tamponante incorporado.

Los blanqueos se realizaron en presencia (5 g/l) o ausencia de SLS. Una vez preparado el baño con la solución tamponante se le añadió el correspondiente agente reductor, el tensioactivo SLS (eventualmente) y la lana. Se consideró como tiempo de blanqueo el transcurrido desde que se introdujo el recipiente, conteniendo el baño y la lana, en el termostato regulado a la temperatura correspondiente. Finalmente se lavó repetidamente con agua destilada, se escurrió cuidadosamente la materia y se dejó secar al aire, tras lo cual se abrió y se uniformizó.

### 2.3.3. Blanqueo combinado

Los lotes 1, 2 y 3 blanqueados previamente con peróxido de hidrógeno fueron sometidos a un blanqueo posterior con diferentes agentes reductores en las condiciones ya descritas.

## 2.4. Evaluación del efecto de blanqueo

La blancura de la lana fue evaluada haciendo uso de la ecuación de Berger<sup>5)</sup> y el índice

de amarillo según el método ASTM correspondiente<sup>6)</sup>. Del mismo modo que en trabajos anteriores, la discusión se ha limitado a los valores del índice de Berger dada su mayor sensibilidad. No obstante, en las tablas correspondientes se han incluido también los valores del índice de amarillo por tratarse de un parámetro frecuentemente utilizado en la caracterización óptica de la lana.

El ataque experimentado por la lana en el blanqueo oxidante fue evaluado a través de la solubilidad en álcali<sup>7)</sup> y del contenido de ácido cisteico<sup>8)</sup>. El contenido de cisteína, evaluado según el método Ellman<sup>9)</sup>, fue determinado para cuantificar el ataque químico experimentado por la lana en el blanqueo reductor.

Los contenidos de cisteína indicados en las tablas se refieren al peso de lana seca, después de descontar la cantidad de SLS retenida por la lana en los blanqueos en presencia de este tensioactivo. La cantidad de SLS retenido fue determinada por análisis gravimétrico, tras precipitar el laurilsulfato sódico a su sal bárica.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos están contenidos en las Tablas 3, 4 y 5, y representados gráficamente en las Figuras 1-8.

TABLA 3

Parámetros ópticos y químicos de la lana blanqueada con distintas condiciones de peróxido de hidrógeno y a distintos tiempos

Lote	Índice de Berger	Índice de amarillo	Solubilidad alcalina (%)	Ácido cisteico (%)
Original	3,1	37,1	11,2	0,14
1	13,6	32,2	14,4	0,98
2	16,6	31,0	15,5	1,20
3	21,2	28,9	20,1	1,55

TABLA 4

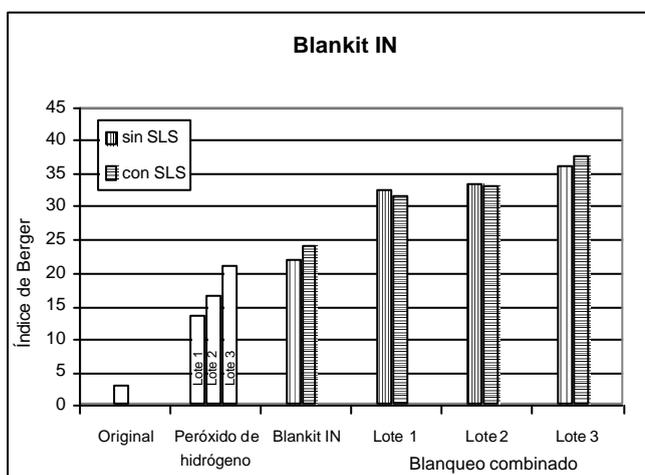
Parámetros ópticos y químicos de la lana blanqueada con distintos reductores

Reductor	SLS (g/l)	Índice de Berger	Índice de amarillo	Cisteína (%)	Contenido de SLS (%)
Blankit IN	0	22,1	28,3	1,02	-
	5	24,0	27,5	0,90	4,5
Dióxido de tiourea	0	19,7	29,3	1,30	-
	5	25,1	26,9	1,03	7,2
Hidrosulfito sódico	0	17,1	30,3	1,70	-
	5	21,6	28,4	1,31	6,5
Bisulfito sódico	0	16,4	30,6	1,60	-
	5	20,1	29,1	1,25	6,3

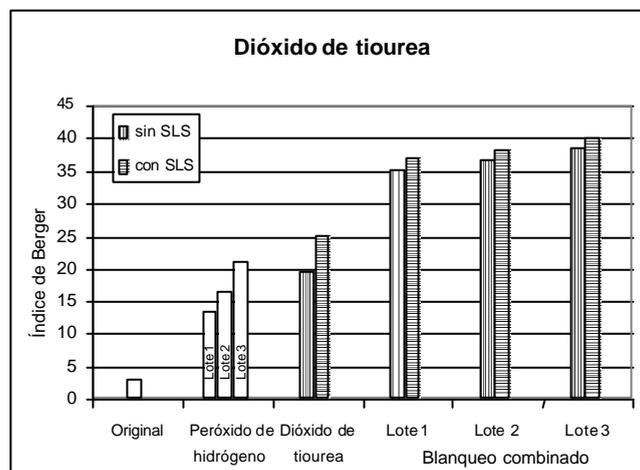
**TABLA 5**

Parámetros ópticos y químicos de la lana blanqueada con distintos blanqueos oxidantes seguidos de otros con distintos reductores.

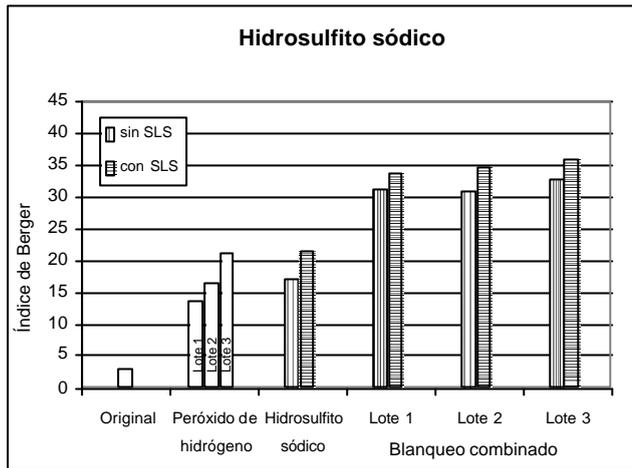
Reductor	SLS (g/l)	Lote 1			Lote 2			Lote 3		
		Índice de Berger	Índice de amarillo	Cisteína (%)	Índice de Berger	Índice de amarillo	Cisteína (%)	Índice de Berger	Índice de amarillo	Cisteína (%)
Blankit IN	0	32,4	24,4	1,06	33,5	23,7	1,13	36,0	22,9	1,00
	5	31,8	24,1	0,85	33,1	23,4	0,91	37,8	21,8	1,04
Dióxido tiourea	0	35,2	22,5	1,50	36,7	22,2	1,40	38,8	21,2	1,44
	5	37,0	22,2	1,32	38,4	21,7	1,06	40,1	21,1	1,08
Hidrosulfito sódico	0	31,4	24,0	1,51	31,1	24,5	1,46	32,8	23,5	1,38
	5	33,8	24,0	1,16	34,7	23,3	1,16	36,0	22,6	1,04
Bisulfito sódico	0	29,3	24,5	1,47	31,2	24,5	1,47	33,5	23,3	1,38
	5	31,3	24,1	1,25	33,2	23,2	1,22	34,3	23,3	1,15



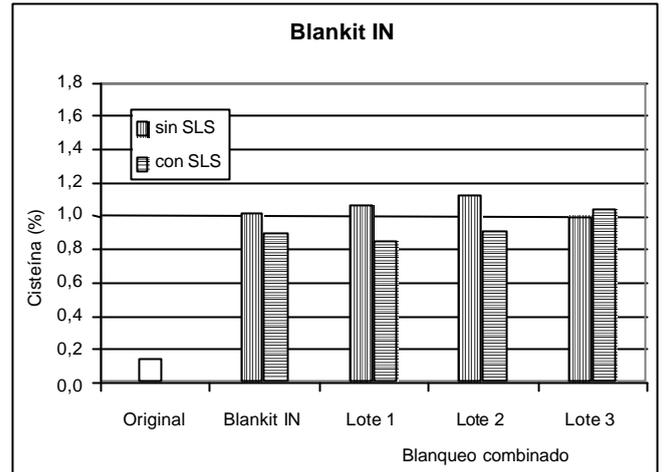
**FIGURA 1:** Índice de Berger de las lanas blanqueadas con peróxido de hidrógeno, con Blankit IN y de las sometidas a blanqueos combinados peróxido de hidrógeno/Blankit IN.



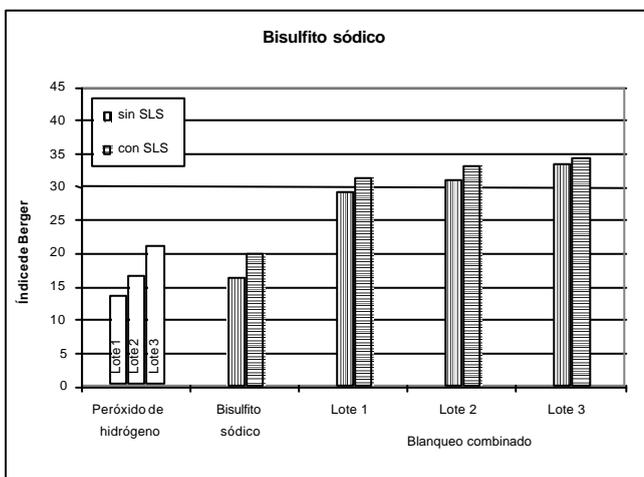
**FIGURA 2:** Índice de Berger de las lanas blanqueadas con peróxido de hidrógeno, con dióxido de tiourea y de las sometidas a blanqueos combinados peróxido de hidrógeno/dióxido de tiourea.



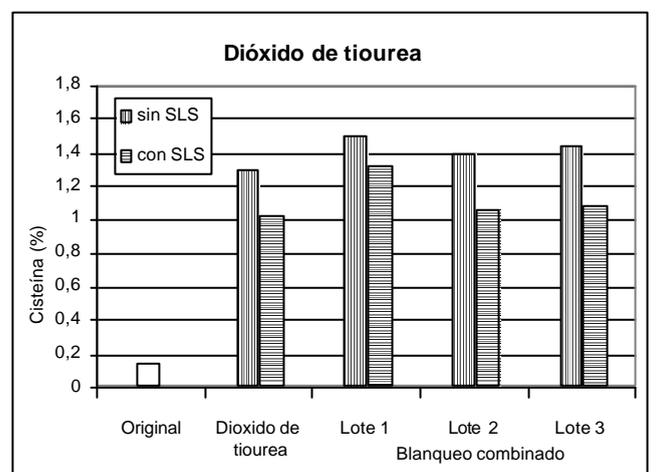
**FIGURA 3:** Índice de Berger de las lanas blanqueadas con peróxido de hidrógeno, con hidrosulfito sódico y de las sometidas a blanqueos combinados peróxido de hidrógeno/hidrosulfito sódico.



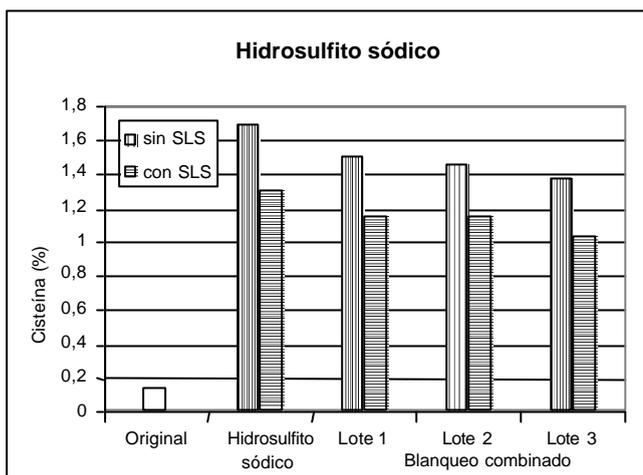
**FIGURA 5:** Contenido de cisteína de las lanas blanqueadas con dióxido de tiourea y de las sometidas a blanqueos combinados peróxido de hidrógeno/dióxido de tiourea



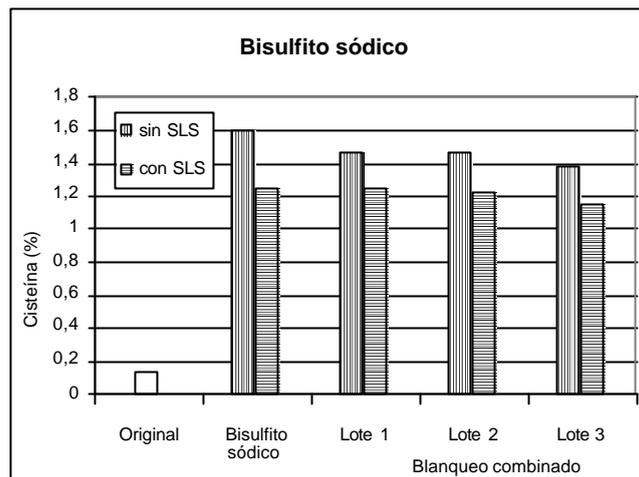
**FIGURA 4:** Índice de Berger de las lanas blanqueadas con peróxido de hidrógeno, con bisulfito sódico y de las sometidas a blanqueos combinados peróxido de hidrógeno/ bisulfito sódico.



**FIGURA 6:** Contenido de cisteína de las lanas blanqueadas con dióxido de tiourea y de las sometidas a blanqueos combinados peróxido de hidrógeno/dióxido de tiourea.



**FIGURA 7:** Contenido de cisteína de las lanas blanqueadas con hidrosulfito sódico y de las sometidas a blanqueos combinados peróxido de hidrógeno/hidrosulfito sódico.



**FIGURA 8:** Contenido de cisteína de las lanas blanqueadas con bisulfito sódico y de las sometidas a blanqueos combinados peróxido de hidrógeno/bisulfito sódico.

### 3.1. Blanqueo oxidante

El blanqueo con peróxido de hidrógeno, previo al blanqueo reductor en las condiciones señaladas en la parte experimental, ha conducido a tres sustratos con diferente blancura que han experimentado un ataque químico que puede ser considerado como razonable, según se deduce de su solubilidad alcalina y del contenido de ácido cisteico (Tabla 3).

### 3.2. Blanqueo reductor de la lana original

En el blanqueo de la lana con diferentes agentes reductores sucede lo que a continuación se indica:

1) El Blankit IN conduce al mayor índice de Berger, siguiéndole el dióxido de tiourea. La menor blancura corresponde a las lanas blanqueadas con hidrosulfito sódico y con bisulfito sódico.

2) Los mayores contenidos de cisteína corresponden a las lanas blanqueadas con hidrosulfito sódico y bisulfito sódico. Las lanas blanqueadas con Blankit IN son las que presentan menores contenidos de cisteína.

3) El mayor aumento del Índice de Berger que se deriva de la presencia de SLS en el baño de blanqueo se presenta en los blanqueos con dióxido de tiourea, hidrosulfito sódico y bisulfito sódico. La mejora es inferior en el caso del Blankit IN.

4) La protección del enlace disulfuro que se deriva de la presencia de SLS en el baño de blanqueo es muy similar cuando se utiliza dióxido de tiourea, hidrosulfito sódico y bisulfito sódico

como agentes de blanqueo. La menor protección parece corresponder al blanqueo con Blankit INT.

5) La presencia de SLS en el blanqueo con productos más económicos como el bisulfito sódico y el hidrosulfito sódico permite blancuras próximas a las de las lanas blanqueadas con productos de mayor precio.

En trabajos anteriores se ha hecho referencia a que en el blanqueo con agentes reductores el tensioactivo SLS es absorbido por la lana, vía salina o a través de interacciones hidrofóbicas, aumentando la carga negativa neta de la proteína e inhibiendo la sulfitolisis del enlace disulfuro por parte del anión reductor correspondiente, de lo que resultan menores contenidos de cisteína con respecto a cuando se blanquea en ausencia de este tensioactivo<sup>4,10</sup>.

### 3.3. Blanqueo combinado

Cualquiera que sea el agente reductor empleado, sucede que:

- La segunda etapa del blanqueo combinado aumenta mucho la blancura de las lanas blanqueadas previamente con peróxido de hidrógeno, independientemente de la intensidad con que este primer blanqueo ha sido aplicado (lotes 1, 2 y 3).
- El aumento de blancura que se deriva del posterior blanqueo reductor es tanto menor cuanto más blanca es la lana previamente blanqueada.
- Cuanto más blanca es la lana previamente blanqueada con peróxido de hidrógeno, mayor es la blancura de la lana posteriormente

blanqueada con el correspondiente agente reductor.

Tras estas apreciaciones de carácter general se pasa a considerar las particularidades del blanqueo con los diferentes agentes reductores en la segunda etapa del blanqueo combinado.

### 3.3.1. Blankit IN

El blanqueo combinado aumenta la blancura de la lana original en 29,3, 30,4 y 32,9 unidades Berger en los lotes 1, 2 y 3, respectivamente. Ello significa que el aumento de blancura que experimenta la lana inicial tras el blanqueo reductor de la lana del lote 1 (29,3 unidades) es prácticamente igual a la suma de los aumentos de blancura que producen por separado el blanqueo oxidante (10,5 unidades) y el blanqueo con Blankit IN (19,0 unidades). Cuando se trata de los lotes 2 y 3, el aumento de blancura que produce el blanqueo combinado es bastante inferior a la suma de los aumentos ocasionados separadamente por los blanqueos oxidante y reductor (Tablas 3, 4 y 5).

No parece que la presencia del tensioactivo SLS en el blanqueo con Blankit IN tras el blanqueo con peróxido de hidrógeno signifique un claro aumento de la blancura de la lana.

Del contenido de cisteína de las lanas sometidas al blanqueo combinado cabe señalar que es prácticamente el mismo que cuando se ha aplicado únicamente el blanqueo reductor. Lo mismo puede afirmarse cuando el blanqueo con Blankit IN se realiza en presencia de SLS.

### 3.3.2. Dióxido de tiourea

El blanqueo combinado aumenta la blancura de la lana original en 32,1, 33,6 y 35,4 unidades Berger, según la intensidad del blanqueo previo con peróxido de hidrógeno.

El aumento del índice de Berger de la lana original tras el blanqueo combinado es superior a la suma de los aumentos que resultan de la aplicación única del blanqueo reductor y del blanqueo oxidante, cualquiera que sea la intensidad de este último.

La presencia de SLS en el baño de blanqueo aumenta el índice de Berger de la lana en unas 1,5 unidades, bastante menos que cuando se procede directamente al blanqueo de la lana original con dióxido de tiourea.

El contenido de cisteína de las lanas sometidas al blanqueo combinado es similar, cualquiera que sea la intensidad del blanqueo oxidante previo, al de la lana blanqueada únicamente con dióxido de tiourea, tanto en presencia como en ausencia de SLS. La protección del enlace disulfuro que se deriva de la presencia de SLS en el baño de blanqueo y que se manifiesta en un menor contenido de cisteína es siempre del 20-25%.

### 3.3.3. Hidrosulfito sódico

El blanqueo oxidante con este agente reductor aumenta la blancura de la lana original en 28,3, 28,0 y 29,7 unidades Berger en los lotes 1, 2 y 3 respectivamente. El aumento es superior a la suma de los que se presentan por separado en el blanqueo reductor y en el blanqueo oxidante en las condiciones más benignas (lote 1), prácticamente el mismo cuando se trata del lote 2 e inferior en el caso del lote 3.

La presencia de SLS en el blanqueo con hidrosulfito sódico de los lotes 1, 2 y 3 mejora la blancura de la lana en unas 3 unidades Berger. Este aumento es algo inferior al que tiene lugar al blanquear con hidrosulfito sódico la lana original. Aún así, la mejora puede ser calificada de importante, ya que permite blancuras no lejanas de las que se obtienen cuando se utilizan agentes reductores más caros en ausencia de SLS.

El blanqueo con hidrosulfito sódico de los lotes 1, 2 y 3 conduce, tanto en presencia como en ausencia de SLS, a contenidos de cisteína algo inferiores a cuando se blanquea directamente la lana original con este producto, apreciándose cierta tendencia a que el contenido de este aminoácido disminuye a medida que aumenta la intensidad del blanqueo oxidante previo. En cuanto a la protección del enlace disulfuro que resulta de la presencia de SLS en el baño de blanqueo puede decirse que es casi el mismo cuando la lana original se blanquea con hidrosulfito sódico y cuando se procede al blanqueo de los lotes 1, 2 y 3 con este producto. La protección, consecuencia de la inhibición de la sulfitolisis del enlace disulfuro, se manifiesta en que las lanas blanqueadas en presencia de SLS presentan un contenido de cisteína inferior en un 20-25 % a cuando se han blanqueado con hidrosulfito sódico en ausencia de este agente tensioactivo.

### 3.3.4. Bisulfito sódico

El blanqueo combinado con bisulfito sódico aumenta en 26,2, 28,1 y 30,4 unidades Berger la blancura de la lana original, según la intensidad del blanqueo previo. Ello significa que el aumento correspondiente es superior a la suma de los que producen el blanqueo con bisulfito sódico de la lana original y los blanqueos oxidantes en condiciones ligeras y medias (lotes 1 y 2), y muy similar a cuando se trata del blanqueo con peróxido de hidrógeno en las condiciones más enérgicas (lote 3).

El blanqueo posterior con bisulfito sódico de las lanas blanqueadas previamente con peróxido de hidrógeno mejora en dos unidades Berger la blancura de la lana cuando el blanqueo se realiza en presencia de SLS, aunque el efecto es menor en la lana del lote 3. Como sucede con los demás agentes reductores, la presencia de SLS en el baño de blanqueo es menos beneficiosa, en cuanto al aumento de la blancura, que cuando se procede al blanqueo con bisulfito sódico de la lana inicial.

No obstante, es importante destacar que, como ya se ha señalado al tratar del hidrosulfito sódico, la presencia de SLS en el baño permite aproximar bastante la blancura de la lana a la que resulta del empleo de agentes reductores de mayor precio.

El contenido de cisteína de las blanqueadas previamente con peróxido de hidrógeno y después con bisulfito sódico es algo menor que el de la lana original blanqueada únicamente con bisulfito sódico. Por su parte, la protección del enlace disulfuro que se deriva de la presencia de SLS en el blanqueo con bisulfito sódico (menor contenido de cisteína) es del orden del 15% en las lanas que han experimentado el blanqueo combinado. Esta protección parece algo inferior a cuando la lana original ha sido blanqueada directamente con este agente reductor (20%).

#### 4. CONCLUSIONES

En las condiciones experimentales propias de este estudio puede concluirse que:

**4.1.** El blanqueo combinado de la lana aumenta mucho su blancura con respecto a cuando se blanquea sólo con el correspondiente agente reductor o con peróxido de hidrógeno.

**4.2.** El aumento de blancura que se deriva de la aplicación de un blanqueo reductor a las lanas previamente blanqueadas con peróxido de hidrógeno es tanto menor cuanto mayor es la intensidad del blanqueo oxidante.

**4.3.** Cuanto más blanca es la lana que resulta del blanqueo oxidante previo más blanca es también después de aplicar el correspondiente blanqueo reductor.

**4.4.** Lo anteriormente señalado es aplicable a todos los agentes reductores estudiados.

**4.5.** El aumento de blancura que se deriva de la aplicación del blanqueo combinado es en bastantes casos similar o superior a la suma de los aumentos correspondientes a los blanqueos oxidante y reductor por separado.

**4.6.** El aumento de blancura que significa la presencia del tensioactivo SLS en el blanqueo reductor que sigue al blanqueo previo con peróxido de hidrógeno es inferior a cuando se procede al blanqueo de la lana original con los diferentes agentes reductores. El blanqueo combinado utilizando hidrosulfito sódico como agente reductor es el que resulta más beneficiado de la presencia de SLS en el baño.

**4.7.** Tanto en presencia como en ausencia de SLS, la lana más blanca corresponde al blanqueo combinado utilizando dióxido de tiourea como agente reductor.

**4.8.** En ausencia de SLS en el baño de blanqueo, las lanas menos blancas corresponden a cuando se ha utilizado hidrosulfito sódico o bisulfito sódico en el blanqueo combinado.

**4.9.** La presencia de SLS en los baños de blanqueo con hidrosulfito sódico y con bisulfito sódico conduce a lanas cuya blancura se aproxima a la de las lanas blanqueadas con otros productos más caros en ausencia de SLS.

**4.10.** Las lanas blanqueadas con hidrosulfito sódico o con bisulfito sódico, tras los correspondientes blanqueos con peróxido de hidrógeno, contienen menos cisteína, que cuando se procede al blanqueo de la lana original con los mismos agentes reductores.

**4.11.** La protección del enlace disulfuro que se deriva de la presencia de SLS en el blanqueo con los diferentes agentes reductores es prácticamente la misma en el blanqueo reductor de la lana original y en el blanqueo reductor aplicado tras proceder a un blanqueo previo con peróxido de hidrógeno.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las Sras. Escamilla (M. Carmen) y García (Montserrat) su ayuda en la parte experimental de este estudio. También agradecen a SAIPEL (Terrassa) la aportación del peinado utilizado en este trabajo.

#### 6. BIBLIOGRAFÍA

1. Gacén, Cegarra y Caro; J.S.D.C., **105** (1989) 438.
2. Gacén, Cegarra y Caro; J.S.D.C., **107** (1991) 138.
3. Gacén, Cegarra, Caro y Cayuela; J.S.D.C., **109** (1993) 301
4. Gacén, Cegarra y Cayuela; J.S.D.C., **110** (1994) 277.
5. Berger; Die Farbe, **8** (1959) 157
6. ASTM Standard method D-1925
7. Norma IWTO (1964)
8. Norma IWTO, 23-70
9. Ellman, Biophys (1959) 82.
10. Walk; Proc. 3rd. Int. Wool Text. Res Conf II (1965) 375.