

## INFLUENCIA DEL BLANQUEO DE LANA CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO EN LA CINÉTICA DE TINTURA CON COLORANTES ÁCIDOS

J. Cegarra\*, P. Puente\*\*, J. Gacén\*\*\*

### 0.1. Resumen

El presente trabajo tiene por objeto el conocer la influencia que tiene el blanqueo de la lana con peróxido de hidrógeno sobre la cinética de la tintura de la lana con un colorante batanable el Azul Sandolan Batan BNL. Para ello, se han efectuado las cinéticas a diferentes temperatura sobre lana sin blanquear y blanqueada a 2 y 4 Vol. O/l. Se han determinado: las cinéticas de absorción, los coeficientes de difusión y las energías aparentes de activación del sistema tintóreo de cada lana. Los resultados muestran que las cinéticas de absorción, los coeficientes de difusión y la energía de activación son superiores en la lana no blanqueada que en las blanqueadas y que entre éstas, los anteriores parámetros disminuyen a medida que aumenta la intensidad de blanqueo.

**Palabras clave:** lana, blanqueo, peróxido de hidrógeno, cinética tintórea, colorantes ácidos.

### 0.2. Summary: INFLUENCE OF THE BLEACHING OF WOOL WITH HYDROGEN PEROXIDE AT THE KINETICS WITH ACID DYES

The aim of this paper is to ascertain the influence of hydrogen peroxide bleaching of wool on the kinetics of wool dyeing with a milling dye Sandolan Blue Milling BNL. For this purpose, the kinetics were carried out at different temperatures on unbleached and bleached wool at 2 and 4 Vol. O/l. The absorption kinetics, diffusion coefficients and apparent activation energies of the dyeing system were determined for each wool. The results show that the absorption kinetics, diffusion coefficients and activation energy are higher in unbleached wool than in bleached wools and that in

the bleached wools the parameters studied decrease in proportion to the increase in intensity of bleaching.

**Key words:** wool, bleaching, hydrogen peroxide, kinetics of dyeing, acid dyes.

### 0.3. Résumé: INFLUENCE DU BLANCHIMENT DE LA LAINE AU PEROXYDE D'HYDROGÈNE DANS LA CINÉTIQUE DE LA TEINTURE AVEC DES COLORANTS ACIDES

Ce travail a pour objet de déterminer l'influence du blanchiment de la laine au peroxyde d'hydrogène sur la cinétique de la teinture de la laine avec un colorant foulon, le bleu Sandolan Batan BNL. À cet effet, nous avons effectué les cinétiques à différentes températures sur la laine non blanchie et la laine blanchie à 2 et 4 vol. O/l. Nous avons déterminé les cinétiques d'absorption, les coefficients de diffusion et les énergies apparentes d'activation du système tinctorial de chaque laine. Les résultats indiquent que les cinétiques d'absorption, les coefficients de diffusion et l'énergie d'activation sont plus élevés sur la laine non blanchie que sur les laines blanchies et que, pour ces dernières, les paramètres indiqués diminuent à mesure que l'intensité du blanchiment augmente.

**Mots clé :** laine, blanchiment, peroxyde d'hydrogène, cinétique de la teinture, colorants acides.

## 1. INTRODUCCIÓN

Según D. R. Lemin y T. Vickerstaff (1) (2), la tintura de la lana con colorantes ácidos y batanables, previamente blanqueada con peróxido de hidrógeno de 2 vol. O/l y 3 g de fosfato trisódico/l durante 3 h y a 40°C, da origen a una velocidad de tintura superior a la obtenida con la lana no blanqueada, mientras que la afinidad de los colorantes ácidos y batanables, y la capacidad de absorción de los ácidos se ve disminuida. De acuerdo con ello y considerando que este último factor es más importante que el primero, desde un punto de vista industrial, la lana blanqueada aparece con menos intensidad de color que la lana sin blanquear. La diferencia se acentúa al efectuar

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

\*\* Dr. Ing. Publio Puente Garrido. Profesor Titular de Universidad jubilado.

\*\*\* Dr. Ing. Joaquín Gacén Guillén. Catedrático de Universidad jubilado.

la tintura a pH más altos. Según dichos autores, este comportamiento se debe a que la lana blanqueada posee una menor afinidad y sitios capaces de captar el colorante que la lana normal.

## 2. EXPERIMENTAL

### 2.1. Materia

Se utilizó hilo de lana australiana de 2/c de las siguientes características:

Longitud de fibra.....	70 mm.
Radio de la fibra .....	$11E^{-4}$ cm.
Número métrico .....	2/34
Torsión.....	525 v/m.
Retorsión .....	480 v/m.

### 2.2. Blanqueo

El hilado se blanqueó en las siguientes condiciones:

Concentración de Peróxido de hidrógeno.....	0 – 2 – 4 Vol. O/l.
Pirofosfato Sódico 4 g/l.....	pH = 9.
Temperatura .....	60°C.
Tiempo.....	4 h.
Relación de baño.....	1/20

Después de blanqueada la materia fue tratada con una solución diluida de ácido acético, 2 cc/l, lavada con agua abundante y secada a 60 °C.

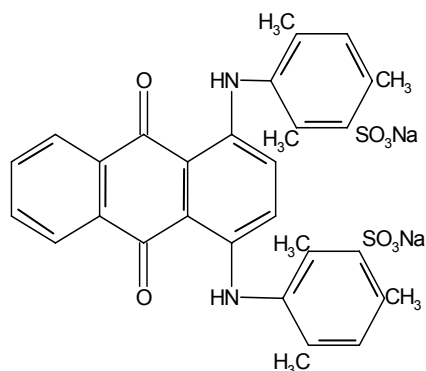
Se determinó el contenido de ácido cíctico, según norma IWTO 27-70E obteniéndose los resultados siguientes:

Materia	% Ácido cíctico
Lana sin blanquear .....	0,38
Lana blanqueada a 2 Vol. O/l .....	2,49
Lana blanqueada a 4 Vol. O/l .....	3,65

### 2.3. Colorante

Se utilizó un colorante, cuya estructura es la indicada a continuación.

Colorante ácido.- Azul Sandolan Batan N-BL 150; C.I. Blue 80 . Peso molecular 622



## 2.4. Condiciones tintóreas

La composición del baño de tintura fue la siguiente: Antes de la tintura, la materia fue ambientada a pH = 5 mediante ácido acético, durante 1 h y a 80°C.

La tintura se efectuó bajo las siguientes condiciones:

Colorante.....	1% s.p.f.
Sulfato sódico anhidro.....	5% s.p.f.
Acido acético 85%.....	3% s.p.f.
R/B .....	1/30

Isotermas de tintura para la lana sin blanquear a las temperaturas de: 65 – 70 – 75 – 80 – 85 – 90°C. Cada isoterma se repitió dos veces.

Isotermas de tintura para las lanas blanqueadas a las temperaturas de: 50 – 55 – 60 – 65 – 70 – 75°C. Cada isoterma se repitió dos veces.

Tiempo de tintura..... 90 m.

Las tinturas se efectuaron sobre madejas de 3 g, empleando un Tincontrol termostatzado  $\pm 1^\circ\text{C}$ .

La evaluación de colorante absorbido se efectuó mediante toma de muestras de la solución tintórea a los tiempos siguientes: 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 90 m. Para la evaluación del colorante absorbido se empleó un espectrofótopmetro Shimatzu UV-265 FW.

## 3. RESULTADOS

### 3.2. Colorante absorbido

Los resultados obtenidos se muestran para el Azul Sólido Batan NBL 150 en las TABLAS 1-2-3. El colorante absorbido  $C_t$  expresa en g colorante / kg de fibra.

**TABLA 1**  
 Azul Sólido Batan NBL 150 – Lana sin blanquear

t (min)	$\sqrt{t}$	65°C	70°C	75°C	80°C	85°C	90°C
1	1	0,684	0,698	0,956	1,166	1,321	1,604
2	1,414	0,940	1,091	1,391	1,749	2,123	2,641
3	1,732	1,196	1,397	1,782	2,332	2,877	3,538
5	2,236	1,581	1,877	2,434	3,184	3,962	4,906
7	2,645	1,897	2,314	3,000	3,946	4,858	5,943
10	3,162	2,350	2,882	3,695	4,888	5,943	6,981
15	3,873	2,948	3,668	4,652	6,009	7,217	8,207
20	4,472	3,461	4,323	5,478	6,906	8,019	8,868
30	5,477	4,359	5,371	6,652	8,072	9,009	9,481
40	6,324	5,042	6,200	7,478	8,789	9,434	9,717
50	7,071	5,641	6,855	8,087	9,193	9,670	9,811
60	7,746	6,153	7,423	8,521	9,417	9,811	-
75	8,660	6,794	8,034	8,913	9,641	9,906	-
90	9,486	7,350	8,471	9,173	9,731	9,953	-
$t_{\infty}$	-	9,5	-	-	-	-	-

**TABLA 2**  
 Azul Sólido Batan NBL 150 – Lana blanqueada (2 vol H<sub>2</sub> O<sub>2</sub>)

t (min)	$\sqrt{t}$	65°C	70°C	75°C	80°C	85°C	90°C
1	1	0,513	0,522	0,611	0,687	0,786	0,889
2	1,414	0,684	0,739	1,004	1,030	1,179	1,467
3	1,732	0,897	0,956	1,179	1,416	1,572	1,911
5	2,236	1,197	1,304	1,659	1,931	2,227	2,667
7	2,645	1,453	1,652	2,096	2,446	2,795	3,333
10	3,162	1,838	2,043	2,620	3,047	3,937	4,133
15	3,873	2,308	2,652	3,406	3,948	4,498	5,200
20	4,472	2,778	3,174	4,017	4,678	5,284	6,00
30	5,477	3,547	4,087	5,065	5,794	6,463	7,111
40	6,324	4,188	4,783	5,851	6,652	7,249	7,867
50	7,071	4,744	5,391	6,507	7,253	7,817	8,311
60	7,746	5,214	5,913	7,031	7,725	8,253	8,622
75	8,660	5,855	6,565	7,642	8,240	8,646	8,889
90	9,486	6,367	7,087	8,079	8,584	8,908	9,022
$t_{\infty}$	-	9,5	-	-	-	-	-

**TABLA 3**  
 Azul Sólido Batan NBL 150 – Lana blanqueada (4 vol H<sub>2</sub> O<sub>2</sub>)

t (min)	$\sqrt{t}$	65°C	70°C	75°C	80°C	85°C	90°C
1	1	0,383	0,433	0,468	0,522	0,531	0,756
2	1,414	0,553	0,649	0,723	0,870	0,973	1,111
3	1,732	0,723	0,822	0,979	1,130	1,239	1,467
5	2,236	0,979	1,169	1,404	1,652	1,814	2,133
7	2,645	1,234	1,429	1,745	2,087	2,257	2,667
10	3,162	1,532	1,818	2,213	2,609	2,876	2,378
15	3,873	2,000	2,338	2,894	3,348	3,673	4,311
20	4,472	2,383	2,814	3,447	4,000	4,380	5,067
30	5,477	3,021	3,593	4,383	5,000	5,531	6,178
40	6,324	3,617	4,242	5,149	5,783	6,327	6,978
50	7,071	4,128	4,805	5,745	6,391	6,903	7,511
60	7,746	4,553	5,281	6,298	6,913	7,389	7,867
75	8,660	5,149	5,887	6,894	7,478	7,876	8,267
90	9,486	5,660	6,407	7,404	7,913	8,230	8,489
$t_{\infty}$	-	-	-	-	-	-	-

### 3.3. Coeficientes de difusión

Han sido calculados según la ecuación de Crank para cilindros (2), con un agotamiento del

95% y para las temperaturas que se indican en las TABLAS 4- 5- 6. Los valores del radio de la fibra son  $R = 1,1 \cdot 10^{-3}$  cm y  $C_{\infty} = 10$  g/kg de fibra.

**TABLA 4**

Coeficientes de difusión D en  $\text{cm}^2/\text{min}$  Azul Sólido Batan NBL 150. Lana sin blanquear

t (min)	65°C	70°C	80°C	85°C	90°C
1	$3,34 \cdot 10^{-12}$	$3,51 \cdot 10^{-12}$	$1,16 \cdot 10^{-11}$	$1,50 \cdot 10^{-11}$	$2,30 \cdot 10^{-11}$
2	$3,46 \cdot 10^{-12}$	$4,92 \cdot 10^{-12}$	$1,36 \cdot 10^{-11}$	$2,14 \cdot 10^{-11}$	$3,71 \cdot 10^{-11}$
3	$4,00 \cdot 10^{-12}$	$6,54 \cdot 10^{-12}$	$1,74 \cdot 10^{-11}$	$3,08 \cdot 10^{-11}$	$5,50 \cdot 10^{-11}$
5	$4,38 \cdot 10^{-12}$	$6,47 \cdot 10^{-12}$	$2,44 \cdot 10^{-11}$	$4,68 \cdot 10^{-11}$	$9,43 \cdot 10^{-11}$
7	$4,75 \cdot 10^{-12}$	$7,46 \cdot 10^{-12}$	$3,31 \cdot 10^{-11}$	$6,54 \cdot 10^{-11}$	$1,45 \cdot 10^{-11}$
10	$5,38 \cdot 10^{-12}$	$9,24 \cdot 10^{-12}$	$4,72 \cdot 10^{-11}$	$9,98 \cdot 10^{-11}$	$2,41 \cdot 10^{-11}$
15	$6,61 \cdot 10^{-12}$	$1,22 \cdot 10^{-11}$	$7,14 \cdot 10^{-11}$	$2,00 \cdot 10^{-10}$	$5,71 \cdot 10^{-10}$
20	$8,17 \cdot 10^{-12}$	$1,43 \cdot 10^{-11}$	$1,11 \cdot 10^{-10}$	$3,40 \cdot 10^{-10}$	$1,16 \cdot 10^{-9}$
30	$1,075 \cdot 10^{-11}$	$1,88 \cdot 10^{-11}$	$2,46 \cdot 10^{-10}$	$8,70 \cdot 10^{-10}$	-
40	$1,30 \cdot 10^{-11}$	$3,08 \cdot 10^{-11}$	$2,46 \cdot 10^{-10}$	-	-
50	$1,55 \cdot 10^{-11}$	$4,23 \cdot 10^{-11}$	-	-	-
60	$1,97 \cdot 10^{-11}$	$6,42 \cdot 10^{-11}$	-	-	-
75	$2,68 \cdot 10^{-11}$	$9,35 \cdot 10^{-11}$	-	-	-
90	$3,79 \cdot 10^{-11}$	$1,39 \cdot 10^{-10}$	-	-	-
$t_{\infty}$	-	-	-	-	-

**TABLA 5**

Coeficientes de difusión D en  $\text{cm}^2/\text{min}$  Azul Sólido Batan NBL 150. Lana blanqueada a 2 vol O/I

t (min)	65°C	70°C	80°C	85°C	90°C
1	$1,65 \cdot 10^{-12}$	$1,93 \cdot 10^{-12}$	$3,88 \cdot 10^{-12}$	$4,74 \cdot 10^{-12}$	$5,17 \cdot 10^{-12}$
2	$1,84 \cdot 10^{-12}$	$2,00 \cdot 10^{-12}$	$4,32 \cdot 10^{-12}$	$5,83 \cdot 10^{-12}$	$9,14 \cdot 10^{-12}$
3	$1,24 \cdot 10^{-12}$	$2,36 \cdot 10^{-12}$	$3,62 \cdot 10^{-11}$	$7,30 \cdot 10^{-11}$	$1,11 \cdot 10^{-11}$
5	$2,40 \cdot 10^{-12}$	$2,90 \cdot 10^{-12}$	$6,80 \cdot 10^{-12}$	$6,66 \cdot 10^{-12}$	$1,51 \cdot 10^{-11}$
7	$2,61 \cdot 10^{-12}$	$3,53 \cdot 10^{-12}$	$1,36 \cdot 10^{-11}$	$1,23 \cdot 10^{-11}$	$1,99 \cdot 10^{-11}$
10	$3,07 \cdot 10^{-12}$	$3,87 \cdot 10^{-12}$	$1,08 \cdot 10^{-11}$	$1,65 \cdot 10^{-11}$	$3,86 \cdot 10^{-11}$
15	$3,48 \cdot 10^{-12}$	$5,04 \cdot 10^{-12}$	$1,51 \cdot 10^{-11}$	$2,33 \cdot 10^{-11}$	$4,88 \cdot 10^{-11}$
20	$4,22 \cdot 10^{-12}$	$6,11 \cdot 10^{-12}$	$2,03 \cdot 10^{-11}$	$3,09 \cdot 10^{-11}$	$7,08 \cdot 10^{-11}$
30	$5,72 \cdot 10^{-12}$	$8,63 \cdot 10^{-12}$	$3,01 \cdot 10^{-11}$	$5,06 \cdot 10^{-11}$	$8,87 \cdot 10^{-11}$
40	$6,94 \cdot 10^{-12}$	$1,10 \cdot 10^{-11}$	$4,41 \cdot 10^{-11}$	$7,65 \cdot 10^{-11}$	$9,34 \cdot 10^{-11}$
50	$8,44 \cdot 10^{-12}$	$1,33 \cdot 10^{-11}$	$6,12 \cdot 10^{-11}$	$1,09 \cdot 10^{-10}$	$1,99 \cdot 10^{-10}$
60	$9,79 \cdot 10^{-12}$	$1,69 \cdot 10^{-11}$	$8,08 \cdot 10^{-11}$	$1,55 \cdot 10^{-10}$	$2,52 \cdot 10^{-10}$
75	$1,29 \cdot 10^{-11}$	$2,23 \cdot 10^{-11}$	$1,20 \cdot 10^{-10}$	$2,14 \cdot 10^{-10}$	$3,16 \cdot 10^{-10}$
90	$1,60 \cdot 10^{-11}$	$2,87 \cdot 10^{-11}$	$1,65 \cdot 10^{-10}$	$3,01 \cdot 10^{-10}$	$3,98 \cdot 10^{-10}$
$t_{\infty}$	-	-	-	-	-

**TABLA 6**

Coeficientes de difusión D en  $\text{cm}^2/\text{min}$  Azul Sólido Batan NBL 150. Lana blanqueada a 4 vol O/I

t (min)	65°C	70°C	80°C	85°C	90°C
1	-	$1,35 \cdot 10^{-12}$	$1,54 \cdot 10^{-12}$	$2,13 \cdot 10^{-12}$	$4,29 \cdot 10^{-12}$
2	$1,12 \cdot 10^{-12}$	$1,58 \cdot 10^{-12}$	$2,80 \cdot 10^{-12}$	$3,72 \cdot 10^{-12}$	$4,72 \cdot 10^{-12}$
3	$1,23 \cdot 10^{-12}$	$1,66 \cdot 10^{-12}$	$3,52 \cdot 10^{-12}$	$4,29 \cdot 10^{-12}$	$6,09 \cdot 10^{-12}$
5	$1,55 \cdot 10^{-12}$	$2,28 \cdot 10^{-12}$	$4,89 \cdot 10^{-12}$	$5,97 \cdot 10^{-12}$	$8,34 \cdot 10^{-12}$
7	$1,84 \cdot 10^{-12}$	$2,48 \cdot 10^{-12}$	$5,93 \cdot 10^{-12}$	$7,03 \cdot 10^{-12}$	$1,08 \cdot 10^{-11}$
10	$2,02 \cdot 10^{-12}$	$2,98 \cdot 10^{-12}$	$7,05 \cdot 10^{-12}$	$9,33 \cdot 10^{-12}$	$1,42 \cdot 10^{-11}$
15	$2,45 \cdot 10^{-12}$	$3,55 \cdot 10^{-12}$	$9,28 \cdot 10^{-12}$	$1,24 \cdot 10^{-11}$	$2,06 \cdot 10^{-11}$
20	$2,80 \cdot 10^{-12}$	$4,31 \cdot 10^{-12}$	$1,11 \cdot 10^{-11}$	$1,63 \cdot 10^{-11}$	$2,63 \cdot 10^{-11}$
30	$3,24 \cdot 10^{-12}$	$5,78 \cdot 10^{-12}$	$1,65 \cdot 10^{-11}$	$2,46 \cdot 10^{-11}$	$4,06 \cdot 10^{-11}$
40	$4,30 \cdot 10^{-12}$	$7,37 \cdot 10^{-12}$	$2,26 \cdot 10^{-11}$	$3,44 \cdot 10^{-11}$	$5,30 \cdot 10^{-11}$
50	$5,33 \cdot 10^{-12}$	$8,79 \cdot 10^{-12}$	$2,92 \cdot 10^{-11}$	$4,44 \cdot 10^{-11}$	$7,70 \cdot 10^{-11}$
60	$6,24 \cdot 10^{-12}$	$1,03 \cdot 10^{-11}$	$3,53 \cdot 10^{-11}$	$5,81 \cdot 10^{-11}$	$8,93 \cdot 10^{-11}$
75	$7,45 \cdot 10^{-12}$	$1,23 \cdot 10^{-11}$	$4,98 \cdot 10^{-11}$	$7,66 \cdot 10^{-11}$	$1,26 \cdot 10^{-10}$
90	$9,08 \cdot 10^{-12}$	$1,60 \cdot 10^{-11}$	$6,71 \cdot 10^{-11}$	$9,5 \cdot 10^{-11}$	$1,39 \cdot 10^{-10}$
$t_{\infty}$	-	-	-	-	-

### 3.4. Energías aparentes de activación

Para el cálculo de las Energías Aparentes de Activación se ha empleado la ecuación de Arrhenius, empleando los coeficientes de difusión, correspondientes al tiempo de media tintura

$$\ln D_t = \ln D_0 - \frac{E}{RT}$$

Los valores encontrados para las Energías Aparentes de Activación son los siguientes:

- Lana sin blanquear = 19.9 Kcal/mol.
- Lana blanqueada con 2 Vol. O/l = 13.6 Kcal/mol.
- Lana blanqueada con 4 Vol. O/l = 12.1 Kcal./mol.

### 4. DISCUSIÓN

Las cinéticas de absorción del C.I. Acid Blue 80, Tablas 1, 2, 3 muestran que el colorante absorbido para igual temperatura y tiempo de tintura, son superiores en la lana sin blanquear que en las blanqueadas, hasta tiempos de tintura de 90 min. Entre éstas el colorante absorbido es superior en la lana blanqueada con 2 Vol. O/l que en la lana blanqueada con 4 Vol. O/l. Ello, discrepa con lo indicado por Lemin y Vickerstaff, en que dichos autores indican que la velocidad de tintura con colorantes ácidos y batanables es superior en las lanas blanqueadas, pero que la afinidad por el colorante es inferior, siendo este factor más importante que la velocidad de tintura, lo cual explica que las lanas blanqueadas se tiñan a menor intensidad que la lana sin blanquear<sup>1-2</sup>). No obstante, hemos de indicar que en el estudio de dichos autores<sup>1</sup> sólo presentan los datos obtenidos con dos colorantes ácidos de buena igualación, el Anaranjado Naftaleno GS (Color Index nº 151) y el Azul Solvay BNS (Colour Index nº 1054), no indicando los resultados obtenidos con el o los colorantes batanables empleados.

Nuestros resultados pueden interpretarse debido a que la mayor presencia de grupos de ácido cistéico en las lanas blanqueadas confiere una mayor carga electrostática a estas lanas con el efecto de repeler más al colorante batanable C.I. Acid Blue 80, y por consiguiente disminuir su absorción. Este colorante, debido a su carácter batanable, hace pensar que en el mecanismo de su absorción pudiesen intervenir otras fuerzas además de las electrostáticas, (van der Waals, interacciones hidrofóbicas y enlaces hidrógeno) pero la magnitud de éstas, no sería suficiente para contrarrestar el efecto de repulsión electrostático y por consiguiente, la absorción sería regida principalmente por las fuerzas electrostáticas.

Los coeficientes de difusión del C.I. Acid Blue 80, Tablas 4,5,6 para todas las temperaturas y los diferentes tipos de lana no son constantes, aumentan con el tiempo de tintura y con la temperatura. El aumento con el tiempo de tintura,

ya había sido observado y fueron comentadas en un estudio anterior las posibles causas que pudieran dar origen a este comportamiento<sup>3</sup>). Por otra parte, los coeficientes de difusión a la temperatura de 70°C de la lana sin blanquear son superiores a los de las lanas blanqueadas. Entre éstas, los coeficientes de difusión son superiores en la lana blanqueada con 2 Vol. O/l que en la blanqueada con 4 Vol. O/l, tal como se muestra en la Fig.1. La explicación de estos resultados estaría fundamentada en lo indicado anteriormente para el agotamiento, al estar la absorción del colorante regida principalmente por las fuerzas electrostáticas.

Los coeficientes de difusión del C.I. Acid Blue 80, Tablas 4,5,6 para todas las temperaturas y los diferentes tipos de lana no son constantes, aumentan con el tiempo de tintura y con la temperatura. El aumento con el tiempo de tintura, ya había sido observado y fueron comentadas en un estudio anterior las posibles causas que pudieran dar origen a este comportamiento<sup>3</sup>). Por otra parte, los coeficientes de difusión a la temperatura de 70°C de la lana sin blanquear son superiores a los de las lanas blanqueadas. Entre éstas, los coeficientes de difusión son superiores en la lana blanqueada con 2 Vol. O/l que en la blanqueada con 4 Vol. O/l, tal como se muestra en la Fig.1. La explicación de estos resultados estaría fundamentada en lo indicado anteriormente para el agotamiento, al estar la absorción del colorante regida principalmente por las fuerzas electrostáticas.

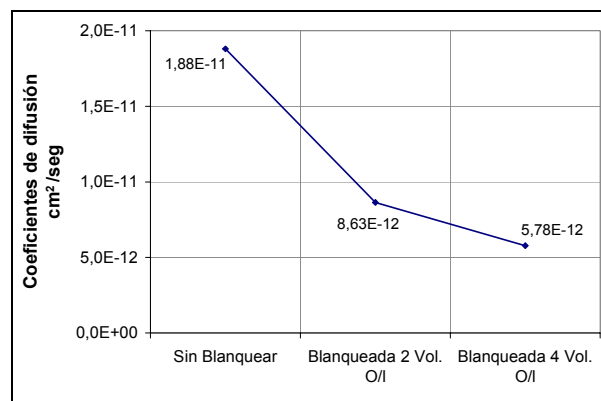
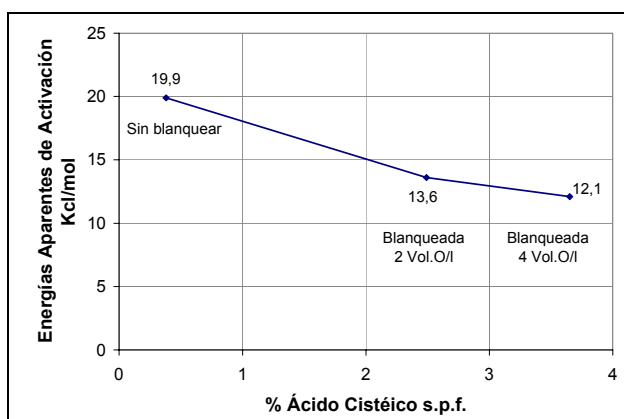


FIGURA 1: Coeficientes de difusión versus Volumen de Oxígeno por litro

Las Energías de Activación Aparentes (E.A.A.) son superiores en la lana sin blanquear que en las blanqueadas, existiendo entre éstas poca diferencia. Si se efectúa una correlación entre las E.A.A. y el contenido de ácido cistéico de las lanas, se obtiene el gráfico de la Fig. 2.

Como podemos apreciar por la Fig. 2, la lana sin blanquear presenta el contenido de ácido cistéico más bajo y mayor E.A.A. que las blanqueadas, lo cual nos indica que la fibra de lana

sin blanquear ofrece una mayor resistencia a la penetración del colorante que la materia blanqueada. Este comportamiento está de acuerdo con lo esperado, ya que al tener la lana sin blanquear menor contenido de ácido cistéico que las blanqueadas, el número de enlaces disulfuro existentes es mayor y por consiguiente, la resistencia que oponen éstos a la penetración del colorante es superior, necesitando el colorante una mayor E.A.A. para vencer la barrera opuesta por los enlaces disulfuro; este comportamiento ya fue indicado por T. Vickerstaff<sup>5)</sup>. Sin embargo, tal como hemos indicado anteriormente, los coeficientes de difusión de la lana no blanqueada son superiores a los de las lanas blanqueadas, lo cual parece una contradicción. Este comportamiento se podría interpretar de la manera siguiente: una vez vencida la barrera opuesta por la cutícula de la lana, el colorante se difundiría más rápidamente en la lana no blanqueada que en las lanas blanqueadas, debido a la superior repulsión electrostática de éstas, a consecuencia del mayor contenido de ácido cistéico.



**FIGURA 2:** Energías Aparentes de Activación versus % Ácido Cistéico s.p.f.

## 5. CONCLUSIONES

Las que se pueden sacar de este estudio, podemos resumirlas en las siguientes:

**5.1.** El colorante C.I. Acid Blue 80 absorbido durante el período cinético por la lana sin blanquear, para igual temperatura y tiempo de tintura, es superior en la lana sin blanquear que en las blanqueadas. Entre éstas, el colorante absorbido disminuye con la intensidad del blanqueo.

**5.2.** Los coeficientes de difusión del C.I. Acid Blue 80, para todas las temperaturas y los diferentes tipos de lanas, no son constantes y aumentan con el tiempo de tintura.

**5.3.** Los coeficientes de difusión de la lana sin blanquear, para los mismos tiempos de tintura, son superiores a los de las lanas blanqueadas. Entre éstas, los coeficientes de difusión disminuyen con la intensidad del blanqueo.

**5.4.** Las energías de activación aparentes son superiores en la lana sin blanquear que en las blanqueadas, existiendo poca diferencia entre éstas.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dra. Diana Cayuela su colaboración en el blanqueo de la lana y en la determinación del contenido de ácido cistéico y a Doña Nuria María Font por la determinación de las cinéticas de tintura.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Lemin R.D. y Vickerstaff T., Symposium of Fibrous Proteins, J.S.D.C., págs 129-141, (1946).
2. Vickerstaff T., The Physical Chemistry of Dyeing, pág 428, Published for Imperial Chemical Industries and Oliver and Boyd, London, (1954).
3. Cegarra J., Puente P., Riva A., Pepió M., Prieto R., The 10th International Wool Textile Research Conference, Aachen (Germany), November, (2000).
4. Vickerstaff T., The Physical Chemistry of Dyeing, pág 417, Published for Imperial Chemical Industries and Oliver and Boyd, London, (1954).