

# «Acción del Albegal B en la tintura de lana con colorantes $\alpha$ - Bromoacrylamido»

J. Cegarra  
A. Riva  
L. Aizpúrua

## RESUMEN

En este trabajo se analiza la acción que ejerce un producto anfotérico, Albegal B, sobre la absorción y reacción de los colorantes  $\alpha$ -bromo acrylamido por la fibra de lana; para ello, el estudio se divide en dos partes. En una de ellas se investiga la acción del Albegal B y otros compuestos inorgánicos en el estado de agregación del colorante en la solución tintórea, apreciándose en una fase inicial la formación de un complejo de carácter más insoluble que el colorante, para observarse, a mayores concentraciones de Albegal B, una tendencia si bien no muy marcada, a la redisolución del complejo. En la otra parte se analiza la acción del Albegal B sobre la absorción y reacción del C.I. Reactive Yellow 39 por la lana, lo cual se estudia a través de una planificación de experiencias de tipo central rotacional; se investigan las influencias que ejercen la concentración de Albegal B relacionada con el pH, concentración del colorante y temperatura, apreciándose la existencia de unas concentraciones óptimas de Albegal B en donde la absorción y reacción del colorante son máximas. Se proponen los diferentes mecanismos de interacción que intervienen en el proceso tintóreo.

## RESUME

Dans ce travail, on analyse l'action d'un produit amphotère, Albegal B, sur l'absorption et la réaction des colorants  $\alpha$ -bromo-acrylamide par la fibre de laine; pour cela, l'étude est divisée en deux parties. Dans une partie, on examine l'action d'Albegal B et d'autres composés inorganiques à l'état d'aggrégation du colorant dans la solution tinctoriale; on apprécie, dans une phase initiale, la formation d'un complexe à caractère plus insoluble que le colorant, et l'on observe, à des concentrations plus élevées d'Albegal B, une tendance quoique pas très marquée, à la redissolution du complexe. Dans l'autre partie, on analyse l'action d'Albegal B sur l'absorption et la réaction du C.I. Reactive Yellow 39 par la laine, ce qui est étudié à travers une planification d'expériences du type central rotationnel; on examine les influences qu'exercent la concentration du colorant et la température; on apprécie l'existence de concentrations optimales d'Albegal B où l'absorption et la réaction du colorant sont maximales. Les différents mécanismes d'interaction intervenant dans le processus de teinture sont proposés.

## SUMMARY

This paper deals with the action exerted by an amphoteric product, Albegal B, on the absorption and reaction of  $\alpha$ -bromoacrylamide dyes by wool.

This work has two parts, the former studies the action of Albegal B and some inorganic compounds, in the aggregation state of the dye, on the dyeing solution; the formation of a complex more insoluble than the dye, is observed in the initial phase and, at higher concentrations of Albegal B, a tendency—although not very marked—to the redissolution of the complex can be seen. The second part examines the action of Albegal B on the absorption and reaction of C.I. Reactive Yellow 39 by wool, which is studied through a rotationnel central plan of experiments; the influences exerted by the dye concentration and temperature are investigated, being proved the existence of some optimum concentrations of Albegal where the sorption and reaction of the dye are maximum. Different mechanisms of interaction, intervening in the dyeing process, are proposed.

## INTRODUCCION

La última aportación de la química de colorantes en la tintura de la lana ha sido la de los colorantes reactivos, con los cuales se consiguen elevadas solidez en húmedo como consecuencia del enlace covalente entre el colorante y la fibra. Para una adecuada aplicación de estos colorantes sobre la lana se requiere el uso de agentes igualadores, cuya misión es doble: hacer menos ostensible las diferencias de afinidad interfibrá y entre fibras (skittering) por los colorantes y efectuar un adecuado control de la absorción del colorante para lograr una tintura igualada. Entre los diferentes agentes auxiliares ensayados, los compuestos anfotéricos han demostrado ser los más efectivos en el cumplimiento global de estos dos objetivos. Bühler y Casty (1), Mossimann (2), han demostrado la influencia entre la concentración de un compuesto anfotérico, Albegal B, y la absorción de los colorantes  $\alpha$ -bromoacrylamido por la lana, en unas determinadas condiciones de aplicación; Cegarra y colaboradores (3) estudiaron de forma más amplia el comportamiento del mismo sistema compuesto anfotérico-colorante sobre lana Hercosett 57, señalando que existían diferencias de comportamiento entre la lana Hercosett 57 y lo indicado por Mossimann (2) para la lana sin tratar.

En este estudio se analiza de una forma más extensa el comportamiento del Albegal B y los colorantes  $\alpha$ -bromoacrylamido sobre lana sin tratar, como complemento al trabajo de Mossimann. El estudio se efectúa en dos partes: a) interacciones colorante compuesto anfotérico y otros productos químicos en solución, b) influencia del Albegal B en la absorción y reacción de un colorante representativo de la serie  $\alpha$ -bromoacrylamido (Lanasol) sobre la lana.

## EXPERIMENTAL

De acuerdo con los objetivos de este estudio, las experiencias fueron programadas y efectuadas bajo las siguientes condiciones:

### Soluciones colorante agente anfotérico y productos químicos

#### Productos

Como colorantes se emplearon:

Amarillo Lanasol 4G . . . .	C.I. Reactive Yellow 39
Rojo Lanasol 6G . . . .	C.I. Reactive Red 84
Azul Lanasol 3G . . . .	C.I. Reactive Blue 69

En este estudio sólo se indican las condiciones experimentales y resultados del C.I. Reactive Yellow 39.

Como productos auxiliars se utilizaron:

Albegal B - Derivado anfotérico de éter poliglicólico.

Sulfato sódico, sulfato amónico, ácido acético.

## Planificación

Los ensayos se planificaron para conocer:

— Influencia de la concentración de colorante y el tiempo de preparación de las soluciones en el estado de agregación.

Se prepararon soluciones en agua bidestilada del C.I. Reactive Yellow 39 a las concentraciones siguientes:

0,025 — 0,050 — 0,100 — 0,200 — 0,300 — 0,400 — 0,500 — 0,700 — 0,900 — 1.000 g/l.

— Influencia del Albegal B en el estado de agregación del colorante.

Se analizó la influencia del Albegal B sobre una concentración de C.I. Reactive Yellow 39, de 0,050 g/l; la concentración de Albegal B en dicha solución fue escalonada según se indica:

0,050 — 0,100 — 0,200, 0,400 — 0,600 — 0,800 — 1 — 5 — 10 g/l.

— Influencia de los productos auxiliares en las concentraciones empleadas en su aplicación industrial, sobre el estado de agregación del colorante.

Se preparó una amplia gama de soluciones, de acuerdo con las recomendaciones de Ciba-Geigy en su muestrario de colorantes Lanazol (4), de forma que se pudiesen analizar separadamente: influencia de los sulfatos, influencia de los sulfatos y ácido acético, influencia de los anteriores productos y Albegal B.

## Método e instrumento

El método empleado para detectar el estado del colorante en solución fue el espectrofotométrico, teniendo en cuenta todas sus limitaciones (5).

Como instrumento se empleo un espectrofotómetro Beckman DK-2A, registrándose automáticamente la curva espectral de la solución coloreada.

## Absorción y reacción del C.I. Reactive Yellow 39 por la lana en presencia de Albegal B

Dado la complejidad de un sistema tintóreo como el que estudiamos, ha sido necesario el planificar las experiencias de forma tal que se pueda obtener el máximo de información con el mínimo de experiencias. Para ello, hemos empleado una planificación de tipo central rotacional, ya usada con éxito por los autores en otros trabajos (3) (6) (7), que permite el detectar la influencia de las variables principales y las interacciones de segundo orden, a través de un polinomio de tipo cuadrático de la forma.

$$Y_n = b_o + \sum_{i=1}^K b_i X_{in} + \sum_{i=1}^K b_{ii} X_{in}^2 + \sum_{icj} b_{ij} X_{in} X_{jn}$$

$b_0, b_{ii}, b_{ij}$ , son los coeficientes del polinomio cuadrático y  $X_i$  son las variables que intervienen.  $Y_n$  es la respuesta buscada, en nuestro caso, absorción y reacción del colorante por la lana.

## Materiales

Fibra. — Se empleó hilo de título 36,6 2/c tex. de lana australiana de 20,50  $\mu$  de finura. El hilo se sometió a un cuidadoso lavado con éter, alcohol y agua destilada.

Colorante. — El estudio se efectuó con el C.I. Reactive Yellow 39 en forma comercial.

La determinación de la cantidad de colorante absorbido se efectuó en los baños residuales de tintura mediante las gráficas de agotamiento. La evaluación del colorante reaccionado con la lana se efectuó en extracciones sucesivas con solución de piridina al 25 % (3).

Productos químicos. — Como igualador de tipo anfotérico se empleó el Albehal B.

El sulfato sódico, sulfato amónico y ácido acético empleados fueron de pureza para análisis.

## Planificación

Las variables principales de las experiencias fueron: tiempo, temperatura, pH, concentración de Albehal B y concentración de colorante.

Para poder calcular fácilmente los coeficientes del polinomio  $Y_n$ , es necesario codificar los niveles de los 32 experimentos del plan, según Box y Hunter (8). En nuestro caso los niveles escogidos fueron:

T A B L A I

Variables	Niveles				
	-2	-1	0	+1	+2
$X_1$ Tiempo, minutos	30	45	60	75	90
$X_2$ Temperatura °C	65	72,5	80	87,5	95
$X_3$ pH	4	4,75	5,5	6,25	7
$X_4$ Concentrac. Albehal B % s.p.f.	0	0,75	1,5	2,25	2,5
$X_5$ Concentrac. Colorante % s.p.f.	0,5	1	1,5	2	2,5

Las diferentes combinaciones de los 32 experimentos del plan aparecen en la Tabla II.

## Equipo

Las tinturas se efectuaron en baño termostatzado con dispositivo de circulación de la solución tintórea y registro gráfico de la densidad óptica, en un espectrofotómetro Beckman DK-2A.

El cálculo de los coeficientes de polinomio y el análisis estadístico del ajuste a los valores experimentales de la ecuación encontrada, se efectuó con un calculador Hewlett-Packard modelo H-2.114.

**TABLA II**

Experiencia N.º	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$
1	-1	1	-1	-1	1
2	1	-1	-1	-1	-1
3	-1	1	-1	-1	-1
4	1	1	-1	-1	1
5	-1	-1	1	-1	-1
6	1	-1	1	-1	1
7	-1	1	1	-1	1
8	1	1	1	-1	-1
9	-1	-1	-1	1	-1
10	1	-1	-1	1	-1
11	-1	1	-1	1	1
12	1	1	-1	1	-1
13	-1	-1	1	1	1
14	1	-1	1	1	-1
15	-1	1	1	1	-1
16	1	1	1	1	1
17	-2	0	0	0	0
18	2	0	0	0	0
19	0	-2	0	0	0
20	0	2	0	0	0
21	0	0	-2	0	0
22	0	0	2	0	0
23	0	0	0	-2	0
24	0	0	0	2	0
25	0	0	0	0	-2
26	0	0	0	0	2
27	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0

**Tinturas**

Las tinturas se efectuaron con madejas de 1 g. de hilo de lana. Los parámetros constantes del baño tintóreo fueron:

- Relación de baño . . . . . 1/100
- Sulfato amónico . . . . . 4 % s.p.f.
- Sulfato sódico . . . . . 7 % s.p.f.

Las otras variables fueron modificadas en cada experiencia según se indica en la codificación de la Tabla II.

## RESULTADOS

Para las dos partes de este estudio, son como se indican a continuación.

### Estado del colorante en solución

Los resultados obtenidos al analizar la influencia de la concentración del colorante y el tiempo de preparación de la solución, aparecen en las Figs. 1 y 2.

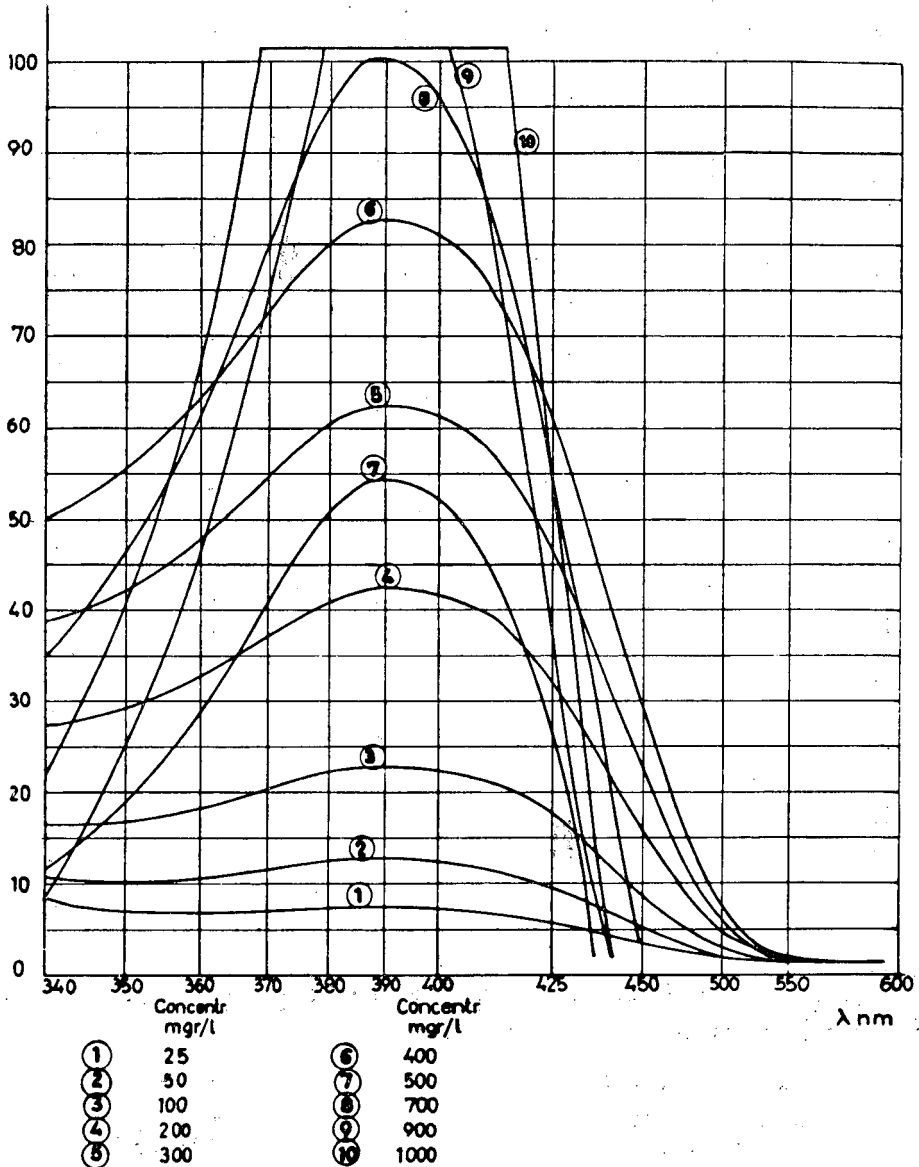


Fig. 1. — Influencia de la concentración del C.I. Reactive Yellow 39 en los espectros de absorción.

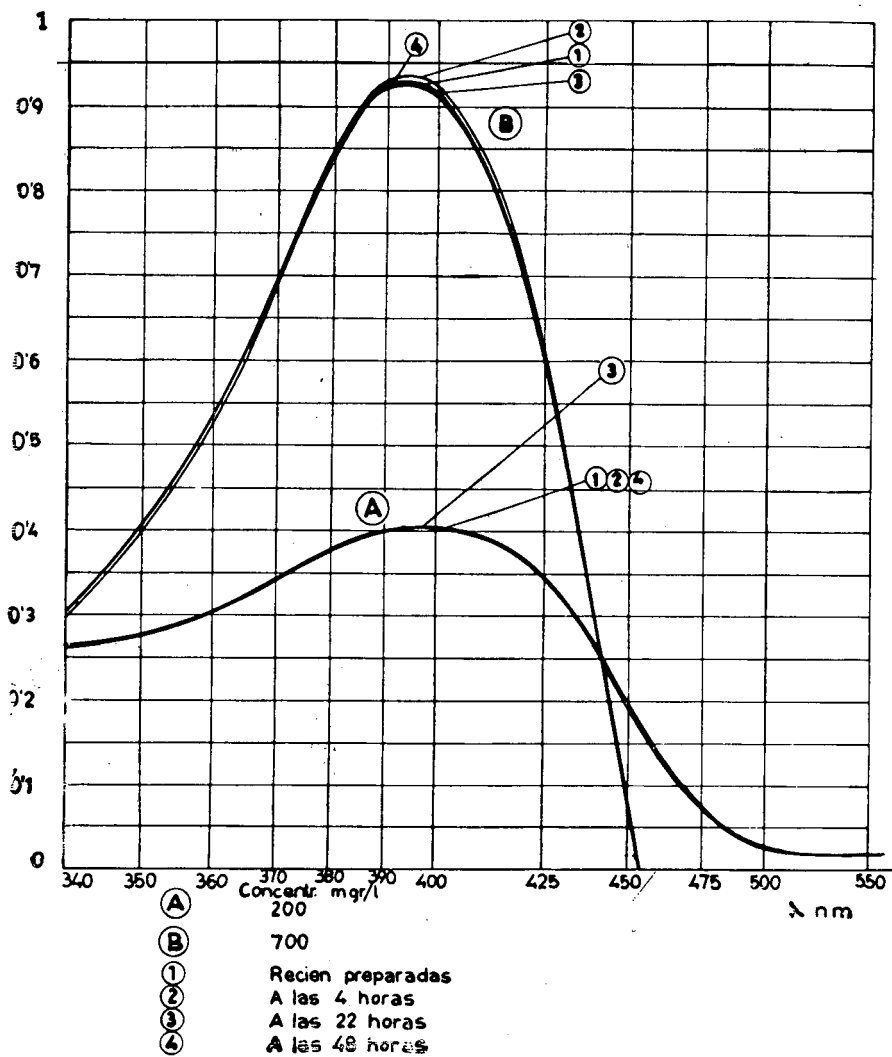
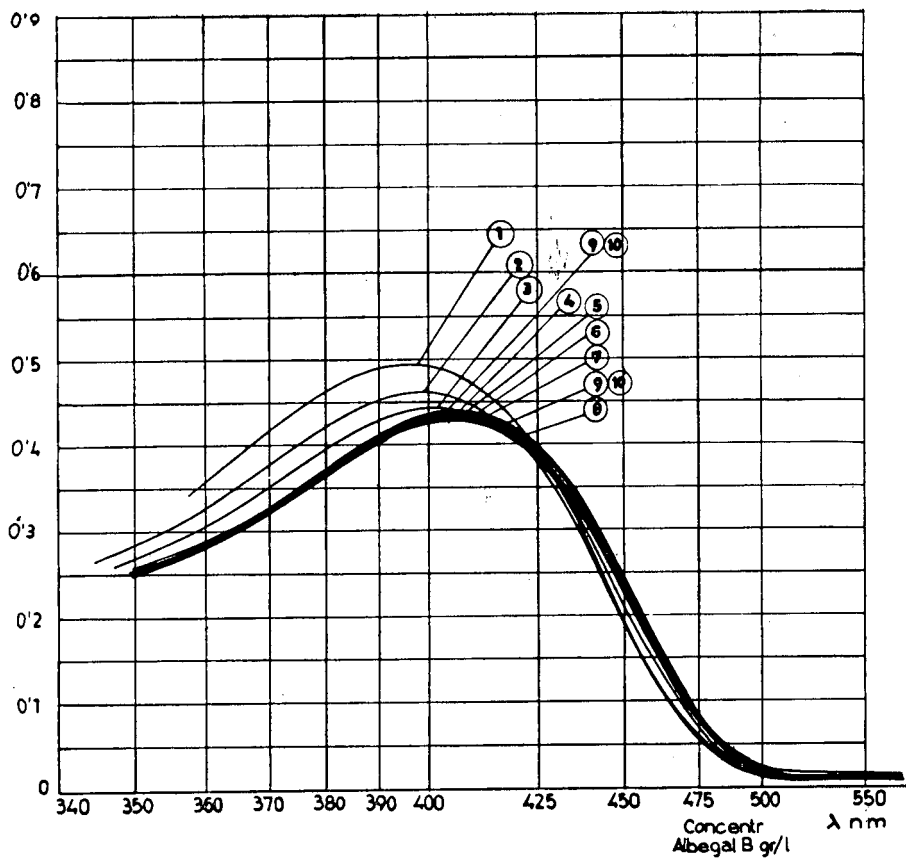


Fig. 2. — Acción del tiempo de preparación de la solución del C.I. Reactive Yellow 39 en el espectro de absorción.

La influencia de la concentración del Albegal B se manifiesta en la Fig. 3; por motivos de facilidad de interpretación de los resultados sólo se han dibujado la acción de algunas concentraciones de Albegal B.



- 1 — 0
- 2 — 0,05
- 3 — 0,10
- 4 — 0,20
- 5 — 0,40
- 6 — 0,60
- 7 — 0,80
- 8 — 1,00
- 9 — 5,00
- 10 — 10

Fig. 3. — Influencia de la concentración de AlbeGal B en el estado de la solución del C.I. Reactive Yellow 39, a 0,050 g/l.

La influencia de los productos auxiliares de la tintura se resumen en la Tabla III.



**TABLA III**

Amarillo Lanasol 4G Concentra- ción g/l	Disolución 1		Disolución 2		Disolución 3		Disolución 4	
	$\lambda$ máx.	D. Óptica	$\lambda$ máx.	D. Óptica	$\lambda$ máx.	D. Óptica	$\lambda$ máx.	D. Óptica
0,025	390	0,075	390	0,072	390	0,071	400	0,069
0,050	390	0,127	390	0,123	390	0,126	400	0,110
0,100	390	0,228	390	0,224	390	0,236	400	0,203
0,200	390	0,425	390	0,420	390	0,420	396	0,393
0,300	390	0,623	390	0,609	390	0,618	394	0,586
0,400	390	0,828	390	0,814	390	0,822	393	0,800
0,500	390	1,042	390	1,013	390	1,021	392	1,001
0,700	390	2,000	390	1,978	390	1,986	391	1,940
0,900	390	—	390	—	390	—	—	—
1,000	390	—	390	—	390	—	—	—

Disolución 1. — Colorante solo.

Disolución 2. — Colorante, Sulfato sódico, Sulfato amónico.

Disolución 3. — Colorante, Sulfatos, Acido acético.

Disolución 4. — Colorante, Sulfatos, Acido acético, AlbeGal B.

**Absorción y reacción del C.I. Reactive Yellow 39 por la lana en presencia de AlbeGal B**

En la Tabla IV se indican los valores experimentales que permitieron el cálculo de los coeficientes del polinomio. Con la ecuación encontrada se calcularon los valores correspondientes a las condiciones experimentales cuyos resultados se indican en la Tabla IV.

Ecuaciones de respuesta para lana normal.

Colorante Absorbido =  $Y_1$

$$\begin{aligned}
 Y_1 = & 54,5948 + 6,0241 x_1 + 15,3208 x_2 - 17,5908 x_3 + 2,1083 x_4 - \\
 & - 4,2991 x_5 - 0,5497 x_1^2 + 0,2177 x_2^2 + 2,5177 x_3^2 - 1,9185 x_4^2 + \\
 & + 1,3952 x_5^2 - 0,7775 x_1 x_2 - 0,8050 x_1 x_3 - 0,3500 x_1 x_4 + \\
 & + 0,0899 x_1 x_5 - 0,5799 x_2 x_3 + 2,4400 x_2 x_4 - 1,0650 x_2 x_5 + \\
 & + 4,3875 x_3 x_4 - 1,3175 x_3 x_5 + 2,1250 x_4 x_5
 \end{aligned}$$

Colorante Reaccionado =  $Y_2$

$$\begin{aligned}
 Y_2 = & 37,6033 + 5,5987 x_1 + 15,0971 x_2 - 11,8463 x_3 + 1,1729 x_4 - \\
 & - 5,0162 x_5 - 0,0557 x_1^2 + 1,8004 x_2^2 + 1,6942 x_3^2 - 1,0533 x_4^2 + \\
 & + 1,4242 x_5^2 + 0,4793 x_1 x_2 - 1,4293 x_1 x_3 + 0,3443 x_1 x_4 + \\
 & + 0,3956 x_1 x_5 - 3,2881 x_2 x_3 + 1,5281 x_2 x_4 - 0,8006 x_2 x_5 + \\
 & + 2,9093 x_3 x_4 + 0,1181 x_3 x_5 + 1,6543 x_4 x_5
 \end{aligned}$$

**TABLA IV**

**Valores experimentales y calculados de absorción y reacción para el C. I. Reactive Yellow 39 sobre lana**

Experiencia N.º	Colorante Absorbido		Colorante Reaccionado	
	Experimental	Calculado	Experimental	Calculado
1	56,70	50,57	29,30	25,55
2	80,58	74,57	54,52	49,93
3	91,90	89,44	75,72	74,67
4	93,87	89,90	75,78	71,82
5	24,48	20,28	20,18	18,00
6	25,33	19,62	16,28	13,19
7	32,99	30,78	25,26	23,71
8	60,01	57,97	49,41	47,02
9	47,81	45,85	29,55	27,79
10	64,25	60,78	38,89	36,21
11	82,17	82,19	60,04	58,90
12	97,24	97,44	85,14	73,17
13	21,53	19,81	13,70	13,43
14	37,50	35,96	27,49	26,39
15	60,94	62,89	45,99	46,43
16	61,52	61,96	48,80	48,33
17	36,85	40,34	23,75	26,18
18	58,28	64,44	42,65	48,57
19	14,34	24,82	9,10	14,64
20	86,93	86,10	72,15	74,90
21	92,84	99,84	60,82	68,07
22	26,83	29,48	19,58	20,68
23	31,23	42,70	22,96	31,04
24	52,95	51,13	35,46	35,73
25	65,63	68,77	49,23	53,33
26	45,06	51,57	29,01	33,26
27	55,99	54,59	38,63	37,60
28	55,99	54,59	39,12	37,60
29	55,79	54,59	39,05	37,60
30	56,50	54,59	40,03	37,60
31	55,95	54,59	38,14	37,60
32	57,01	54,59	39,01	37,60

Los coeficientes de correlación múltiple encontrados fueron los siguientes, que pueden considerarse aceptables.

$$\begin{aligned} \text{Colorante absorbido} &= 0,9811 \\ \text{Colorante reaccionado} &= 0,9845 \end{aligned}$$

Al efectuar el análisis de la variancia aparecen como partes más significativas las siguientes:

El error experimental es pequeño, 1,064 % y 1,955 % para la absorción y la reacción respectivamente.

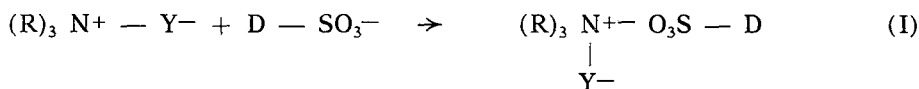
La desviación del ajuste en los puntos experimentales es significativa, siendo mayor en la absorción que en la reacción; esta desviación tiene su explicación en el pequeño error experimental y en la amplitud de los niveles escogidos para las variables, que hace difícil el encontrar un ajuste perfecto dentro de un campo experimental tan amplio. Esta desviación tendrá que tenerse presente al discutir la evolución del fenómeno tintóreo en los niveles extremos del campo experimental.

## DISCUSION

### Estado del colorante en solución

Tal como puede apreciarse en la Fig. 1, al aumentar la concentración no existe desplazamiento de la longitud de onda de máxima absorción y la ley de Beer se cumple hasta concentraciones de 0.500 g/l., lo cual nos indica una buena solubilidad y poco estado de agregación. Por otra parte, la Fig. 2 nos muestra que el estado del colorante en solución no presenta cambios apreciables entre 0 y 48 horas, lo cual es índice de una buena estabilidad.

La Fig. 3 muestra la variación del espectro de absorción del C. I. Reactive Yellow 39 al variar la concentración de Albegal B. Las líneas 1 a 4 muestran un claro descenso del máximo de absorción y un desplazamiento hacia longitudes de onda más altas, cuando se aumenta la concentración de Albegal B de 0 a 0,2 g/l. Ello es indicio de la formación de un complejo del tipo



Compuesto anfotérico      Colorante

Complejo

A las concentraciones de 0,4 y 0,6 g/l. líneas 5 y 6, el complejo no modifica su estado, observándose que a partir de concentraciones de 0,8 g/l. de Albegal B, la absorción aumenta ligeramente y el máximo se sigue desplazando hacia longitudes de onda superiores; parece como si se iniciara un proceso de redisolución del complejo, si bien ello no ha podido ser claramente detectado.

Del análisis de los resultados de la Tabla III y del examen de las gráficas correspondientes, se puede indicar que la presencia de los iones  $SO_4^{=}$  producen una absorbancia inferior a la del colorante solo; la adición de ácido acético a la solución conteniendo colorante y iones  $SO_4^{=}$  ejerce un determinado efecto disgregador y la presencia de todos los productos auxiliares empleados en la tintura incluyendo el Albegal B, en toda la gama de concentraciones estudiadas, produce absorbancias inferiores a las mostradas por el colorante sólo a la misma concentración. Ello parece indicar que en las condiciones de aplicación industrial, el Albegal B actúa sobre el colorante dando lugar a la formación de un complejo del tipo anteriormente indicado (1).

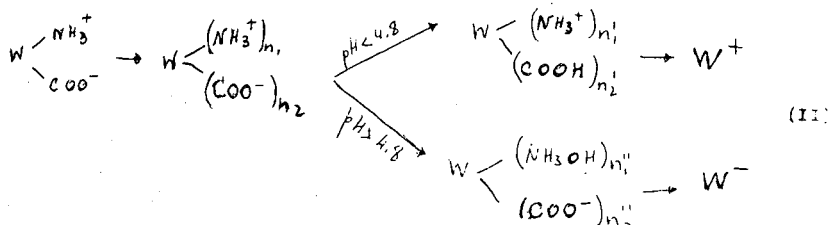
### Absorción y reacción del C.I. Reactive Yellow 39 por la lana en presencia de Albegal B

#### Absorción: Mecanismos de unión

Para el estudio de la influencia del Albegal B sobre la absorción y reacción del C. I. Reactive Yellow 39 por la lana, dada la complejidad del sistema es necesario: a) Establecer la naturaleza eléctrica de los compuestos que lo integran y sus variaciones al cambiar el pH de la solución tintórea; b) Los tipos de unión eléctrica o de otro tipo y equilibrio simultáneos que intervienen

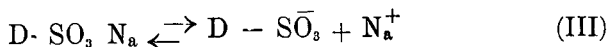
entre los tres elementos más importantes del sistema tintóreo: fibra, colorante y agente anfotérico; c) Interpretación de los resultados obtenidos a través de las ecuaciones halladas, de la evolución de la absorción y reacción del colorante con la lana, al variar la concentración de Albeegal B, para diferentes valores de otras variables.

En relación al punto a), sabemos que la ionización de la lana se puede esquematizar, en función del pH de la solución, de la siguiente manera:



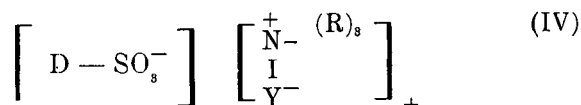
$$n_1 = n_2 \text{ en el punto isoelectrico, } \text{pH} = 4,8$$

Los colorantes del tipo  $\alpha$ -bromoacrilamido, C.I. Reactive Yellow 39, poseen grupos solubilizantes de tipo sulfónico, por lo que en los límites del pH de este trabajo el colorante puede considerarse ionizado según

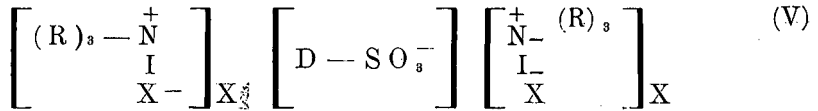


El Albeegal B es un compuesto de tipo anfotérico, empleado como agente igualador en la tintura de la lana con colorantes reactivos. Al efectuar la determinación del tipo de carga eléctrica mediante el método de mezcla de colorantes y cobaltotiocianato amónico (10), entre una gama de pH comprendida entre 4 y 7, mostró siempre un carácter catiónico correspondiente a una sal de amonio cuaternario; al mismo tiempo se indicaba la presencia de óxido de etileno en su molécula. Tenemos pues que pensar que este compuesto se presentará una carga electropositiva en el sistema tintóreo, quedando enmascarada la acción de los grupos ácidos que intervienen en su constitución.

La acción del Albeegal B sobre la solubilidad del colorante depende de las relaciones molares agente tensoactivo/colorante y de la solubilidad en el medio acuoso del complejo tensoactivo-colorante formado: dos tipos de complejos pueden formarse (11). A bajas relaciones, se podrían formar pequeñas partículas en las cuales varias moléculas del tensoactivo son atraídas por el colorante, reduciendo su solubilidad y presentando dicho complejo una mayor substantividad por la lana que el colorante solo; a este tipo de complejo lo representamos por:



Al aumentar la concentración de tensoactivo, el complejo se solubiliza formando una micela en la cual el colorante se localiza en el centro; dicho complejo retendría colorante en la solución, disminuyendo el colorante absorbido por la fibra; este tipo de complejo micelar lo representaremos por:

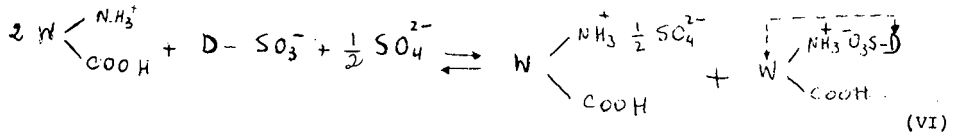


Dado que tanto el compuesto tensoactivo como el colorante son de naturaleza fuertemente iónica, no creemos que la variación del pH de la solución de tintura puede afectar a su constitución.

Es evidente que existiendo en este sistema tintóreo dos componentes, fibra y agente tensoactivo anfotérico, las posibilidades de unión electrovalente serán función del valor del pH. Si tomamos como referencia los valores del pH inferiores y suponemos al punto isoeléctrico de la lana, pH = 4,8, nos encontramos con las siguientes posibilidades de enlace.

### Soluciones a pH inferiores a 4,8

A estos valores de pH, la absorción del colorante se efectúa en función de un mecanismo de enlace electrovalente, ayudado por las fuerzas de afinidad específica entre el cromóforo del colorante y la lana (9). El mecanismo de absorción suele expresarse, en presencia de iones  $SO_4^{2-}$ .

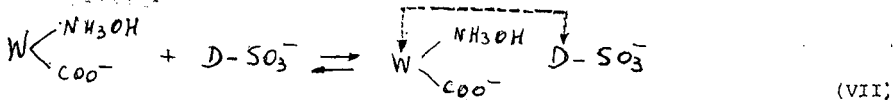


Este equilibrio se desplaza tanto más hacia la unión fibra-colorante cuanto más bajo es el pH y menos  $SO_4^{2-}$  exista en la solución.

A esta absorción del colorante por la fibra se puede oponer el agente tensoactivo anfotérico formando un complejo con el colorante, tal como hemos indicado anteriormente en (I), el cual puede presentar mayor o menor afinidad por la fibra, según hemos indicado también (II).

### Soluciones a pH superiores a 4,8

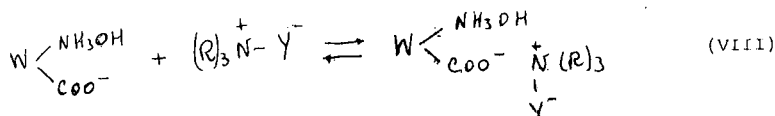
A estos valores de pH, la absorción del colorante por la lana se efectúa en virtud de las fuerzas de afinidad específicas; éstas son contrarrestadas por el carácter electronegativo de la fibra, el cual se hace más patente a medida que aumenta el pH. La presencia de cationes  $Na^+$  favorecen la absorción del colorante (9). Este mecanismo de absorción suele expresarse, según se indica a continuación:



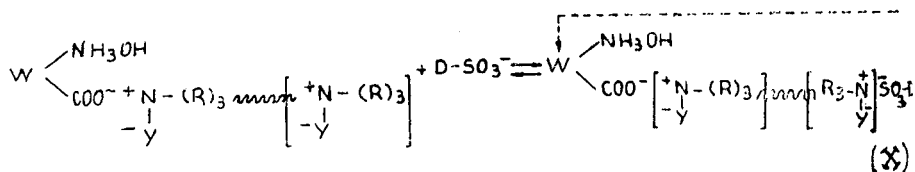
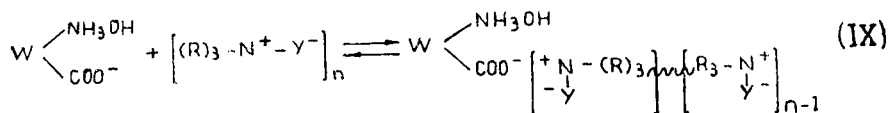
Esta absorción del colorante por la fibra puede ser modificada por el compuesto anfotérico de la siguiente forma:

Si al pH considerado el agente tensoactivo anfotérico posee carácter catiónico, se puede formar según hemos indicado en (I), un complejo colorante agente anfotérico que aumente o disminuya la absorción (II), según la relación molar colorante/agente anfotérico.

Por otra parte, el compuesto anfotérico puede unirse electrovalente a la fibra, según el siguiente mecanismo:



con ello se disminuye la repulsión electrostática de la fibra por el colorante, favoreciendo la absorción. Si por el aumento de concentración del tensoactivo se llega a la formación de micelas, la unión de éstas con la fibra también podría favorecer la absorción, ya que la fibra se encontraría rodeada de una capa electropositiva que favorecería la aproximación del colorante, para formar un complejo con la micela. La estabilidad de este complejo en relación con las fuerzas de afinidad específicas del colorante por la fibra, al estar cerca de ésta sería lo que determinaría el que la absorción aumentase o disminuyese. Las fases de esta posibilidad pueden quedar esquematizadas de la forma siguiente:



## Reacción

La posible acción del tensoactivo anfotérico sobre la reacción, según los trabajos de J. Cegarra y colaboradores (10) en el estudio realizado sobre lana Hercosett, no indicaba ninguna acción de tipo específico, observándose la evolución del colorante reaccionado según las líneas del colorante absorbido, modificándose substancialmente en función de la variación de la temperatura.

De acuerdo con lo indicado, podemos intentar obtener una explicación en los resultados obtenidos, analizando las diferentes interacciones entre el

compuesto anfotérico y otras variables del sistema tintóreo y sus repercusiones en la absorción y reacción del colorante por la fibra.

## Estudio de las interacciones

### Albegal B - pH

Los resultados de la Fig. 4 se obtuvieron para las siguientes variables constantes: tiempo, 60 minutos; temperatura, 80° C; concentración de colorante 1,5 % s.p.f. Por medio de la ecuación y variando la concentración de Albegal B y el pH, se obtuvieron las familias de curvas que forman la Fig. 4.

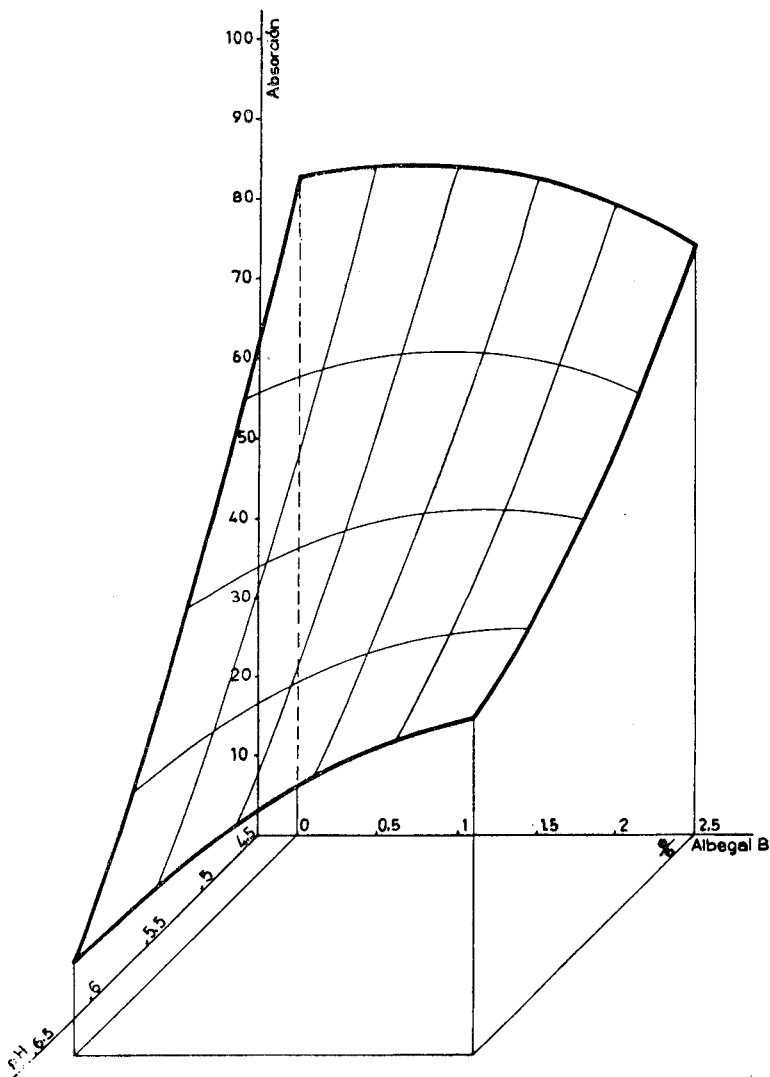


Fig. 4. Absorción del C.I. Reactive Yellow 39 por la lana en función del pH y de la concentración de Albegal B.

De los resultados de la Fig. 4 resulta evidente que un aumento del pH significa una disminución de la absorción, siendo el efecto menos acusado a medida que se aumenta la concentración de Albe gal B. De acuerdo con lo indicado anteriormente, es evidente la acción del pH en el mecanismo de enlace electrovalente entre el colorante y la fibra, según lo citado en (VI); la intensidad de este efecto depende de la concentración de Albe gal B empleada.

La acción de la concentración de Albe gal B sobre la absorción del colorante por la fibra, está relacionada con el pH de la solución pudiéndose apreciar dos zonas:

- a) una zona comprendida entre pH 4 y 5 aproximadamente, en donde la absorción presenta un máximo a una determinada concentración de Albe gal B; la concentración para obtener el máximo va aumentando a medida que el pH va aumentando. El aumento de absorción a bajas relaciones Albe gal B/colorante, y la disminución a relaciones más elevadas se puede interpretar según hemos indicado anteriormente en (IV) y (V).

El aumento de la concentración de Albe gal B para obtener el máximo a medida que aumenta el pH, puede interpretarse por el cambio de ionización que va apareciendo en la fibra de lana, que desplazaría el mecanismo de absorción a equilibrios según lo indicado en (VIII), (IX) y (X).

- b) para valores de pH superiores a 5.5, el aumento de la concentración de Albe gal B implica un incremento de la absorción del colorante, tanto más marcado cuanto mayor es el valor del pH. Dado que dentro de los límites de pH estudiados, el Albe gal B mantiene su carácter catiónico a pH 7, sus efectos pueden ser interpretados en función de su acción sobre la fibra y colorante. En relación a la fibra, el Albe gal B neutralizaría sus grupos aniónicos, bien por un simple enlace electrovalente, o por la acción combinada de éste con una asociación micelar del compuesto anfotérico a elevadas concentraciones, según los mecanismos indicados en (VIII) (IX) y (X), los cuales favorecen el aumento de la absorción. Para el colorante sería válido lo indicado anteriormente acerca de la formación del complejo, lo que motivaría un aumento o una disminución de la absorción del colorante dependiente de las relaciones tensioactivo/colorante. La acción combinada de ambos efectos tiende a producir el aumento de la absorción al hacerlo la concentración de Albe gal B, con una tendencia a disminuir el incremento de aquélla a las concentraciones más elevadas de Albe gal B, debido a la acción solubilizante de la micela sobre el colorante.

Dentro del campo experimental, los valores promedio de Albe gal B para los que se obtienen las mayores absorciones de colorante, a diferentes pH, se muestran en la Tabla V.

**T A B L A V**

<i>pH</i>	% Albe gal B s.p.f.	% absorción máx.
4	0.5	100
4.5	0.75	85
5	1.25	67
5.5	1.50	54
6	2	47
6.5	2.5	43



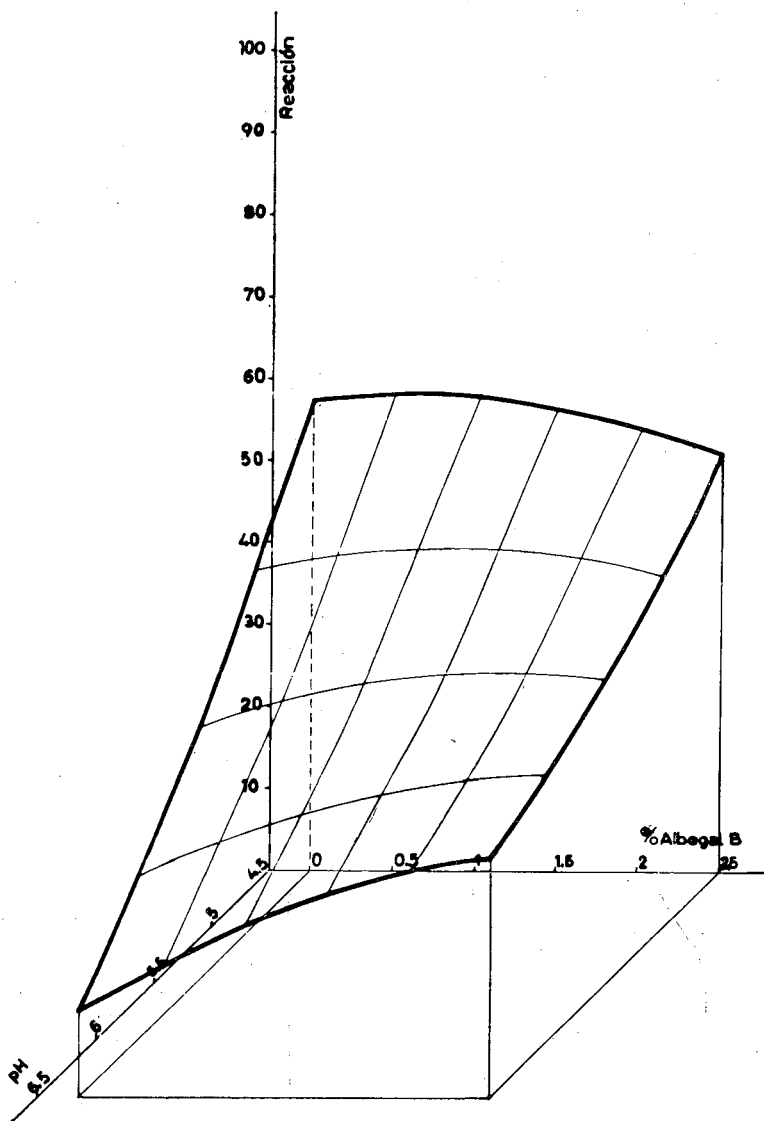


Fig. 5. Reacción de C. I. Reactive Yellow 39 en función de pH y la concentración de Albeagal B.

Los resultados obtenidos para la reacción del colorante con la fibra, Fig. 5, muestran, después de un detenido examen, que el % de colorante reaccionado sigue la misma evolución que el absorbido, encontrándose los valores máximos a las mismas concentraciones de Albeagal B que para la absorción, por lo que suponemos que la reacción viene fundamentalmente determinada por la cantidad de colorante absorbido. Al aumentar el pH, el porcentaje de colorante absorbido que ha reaccionado sobre la fibra sufre un ligero aumento para bajas concentraciones de Albeagal B.

## Albegal B - Colorante

La Fig. 6 muestra los valores obtenidos para la absorción del colorante al variar la concentración de Albegal B y del colorante para las siguientes variables constantes: tiempo, 60 minutos; temperatura, 80° C; pH 5,5.

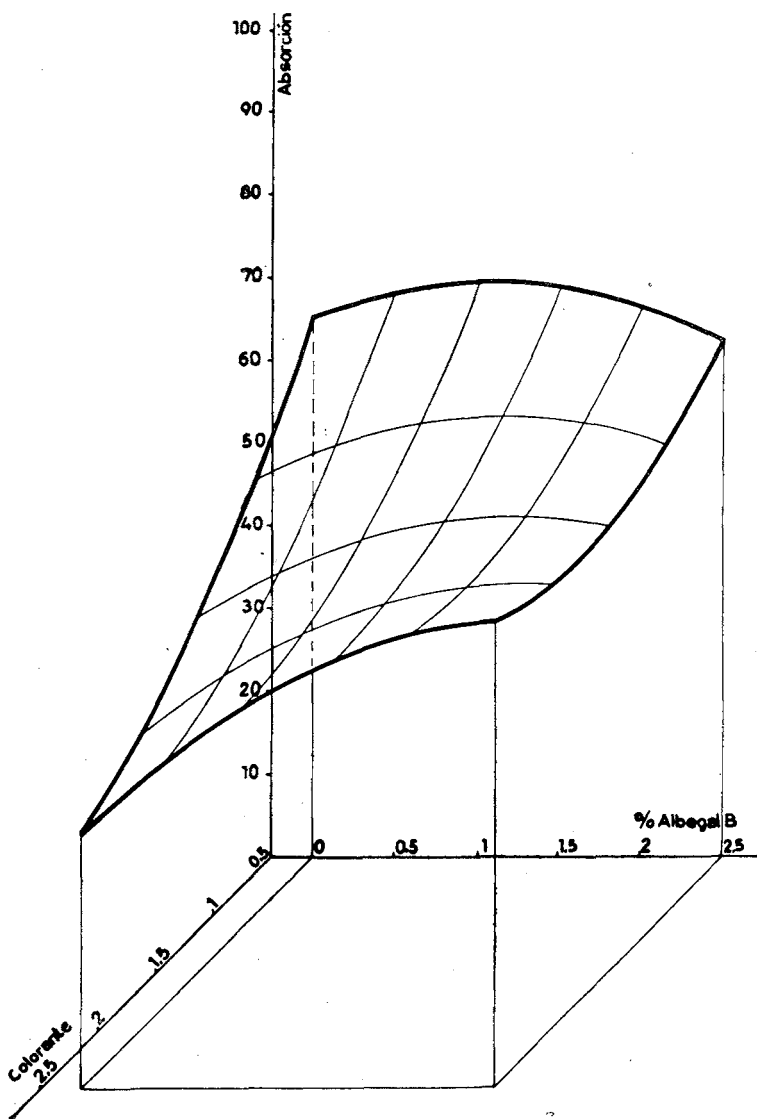


Fig. 6. Absorción del C. I. Reactive Yellow 39 en función de la concentración de Albegal B y del colorante.

Es un hecho conocido, que al aumentar la concentración de Albegal B hasta 1 % s.p.f. se aumenta la absorción y la igualación de la tintura, pero que si se continúa aumentando la concentración de Albegal B, la cantidad de

colorante retenida en el baño tintóreo es mayor y la tintura no alcanza la debida intensidad (2).

Según los resultados que se indican en la Fig. 6, es evidente que para cada concentración de colorante existe una concentración de compuesto anfotérico que produce un máximo de absorción, pudiéndose establecer, en las condiciones de la Fig. 6, los pares de valores que se indican en la Tabla VI.

**TABLA VI**

<i>Concentración colorante % s.p.f.</i>	<i>Concentración AlbeGal B máx. absorción, % s.p.f.</i>
0.5	0.50
1	1
1.5	1.50
2	2
2.5	2.25

Por otra parte, las concentraciones de AlbeGal B para obtener el máximo de agotamiento, son función, a su vez, no sólo de la concentración de colorante sino también de la temperatura, tal como se puede apreciar por los resultados que se muestran en la Tabla VII.

**TABLA VII**

<i>Colorante % s.p.f.</i>	<i>% s.p.f. AlbeGal B para obtener el máximo agotamiento a pH 5.5 durante 1 hora</i>		
	<i>65° C</i>	<i>80° C</i>	<i>95° C</i>
0.5	0	0.50	0.75
1	0.50	1	1.5
1.5	1	1.5	2
2	1.50	2	2.25
2.5	1.75	2.25	2.75

Es necesario indicar que el nivel de agotamiento máximo que se obtiene a las temperaturas de 65° C y 80° C no son suficientemente elevados, no sucediendo así a 95° C en donde se alcanzan valores comprendidos entre el 92-100 %. Tal como se desprende de la Tabla VII, la cantidad de AlbeGal B necesaria para obtener el máximo de agotamiento para cada concentración de colorante, aumenta al aumentar la temperatura final de la tintura. Ello es lógico, ya que al aumentar la temperatura es mayor la solubilidad del complejo de baja relajación tensoactivo/colorante (IV), requiriéndose mayor proporción de aquél para obtener el máximo de substantividad por la fibra.

La presencia de un máximo de agotamiento para cada concentración de colorante, puede explicarse de la misma forma que lo hemos indicado en el apartado relativo al AlbeGal B-pH.

### **AlbeGal B — Temperatura**

La Fig. 7 presenta los valores del % de absorción del colorante al variar la temperatura y la concentración de AlbeGal B para las siguientes variables

constantes: tiempo, 60 minutos; pH, 5.5 y concentración del colorante 1.5 % s.p.f.

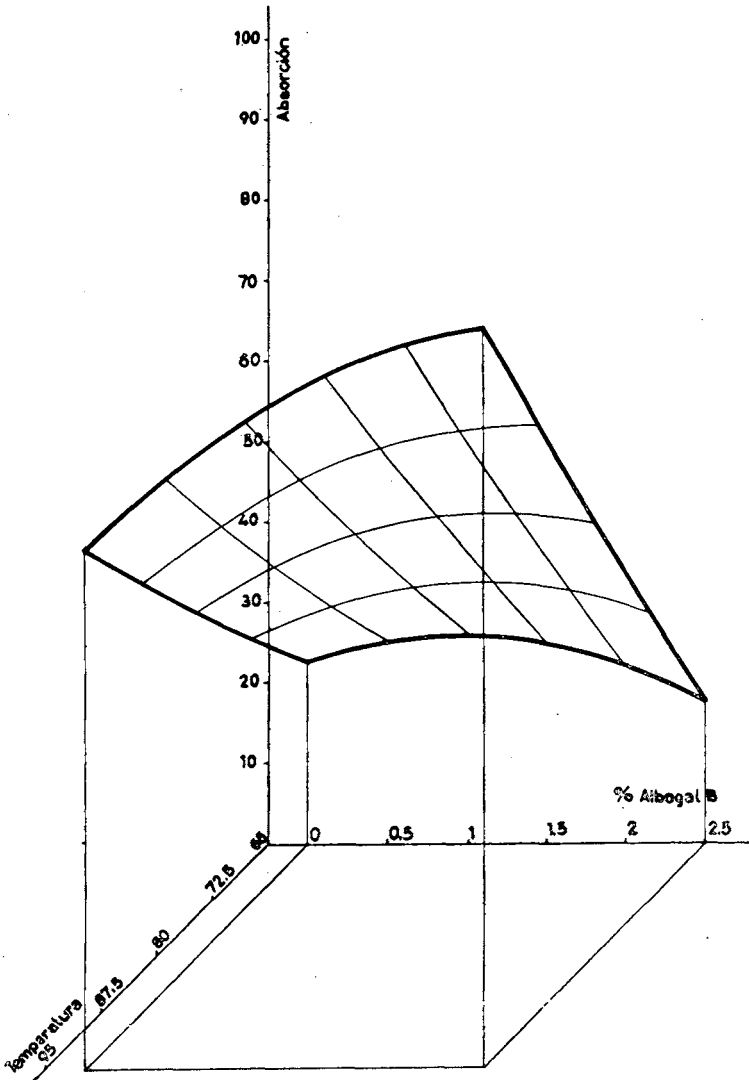


Fig. 7. Absorción del C. I. Reactive Yellow 39 en función de la concentración de Albegal B y de la temperatura.

Los resultados indicados en la Fig. 7 podemos considerarlos como un complemento de los indicados en la Tabla VII, apreciándose la aparición de un máximo de absorción en cada isoterma. Además, puede observarse que la presencia del Albegal B aumenta la velocidad de absorción al variar la temperatura desde 65 a 95°C, siendo este aumento tanto mayor a medida que la

concentración de Albegal B aumenta. En la Tabla VIII pueden apreciarse los valores de dicho incremento.

**TABLA VIII**

**Aumento de la velocidad de absorción del C.I. Reactive Yellow 39  
entre isotermas desde 65 a 95° C**

<i>% de Albegal B s.p.f.</i>	<i>% incremento de absorción entre 65 y 95° C</i>
0	42
0.75	52
1.50	62
2.25	72

Un comportamiento parecido fue indicado por Mossimann (2) en una tintura efectuada con una programación industrial de aumento de temperatura, en presencia y ausencia de Albegal B. La interpretación de este comportamiento hay que basarla en una evolución del complejo (V) hacia el complejo (IV) a medida que aumenta la temperatura, lo cual provoca una mayor velocidad de absorción como consecuencia de su mayor afinidad por la fibra.

La Fig. 8 muestra la evolución de la reacción del colorante con la fibra de lana bajo las mismas condiciones indicadas para la Fig. 7.

Es importante indicar que la evolución de la reacción en función de la temperatura, para un tiempo de tintura constante, sigue una ley de tipo exponencial, mientras que la absorción evoluciona, Fig. 7, de forma lineal. Teniendo en cuenta este comportamiento, la reacción sigue la evolución de la absorción, no pudiéndose apreciar una especial influencia del Albegal B en esta etapa del proceso, con la salvedad de un ligero retraso en la reacción a elevadas temperaturas al aumentar la concentración de Albegal B.

## CONCLUSIONES

Las conclusiones más sobresalientes que se infieren del presente trabajo son las siguientes:

- El compuesto anfotérico Albegal B forma complejos con el C. I. Reactive Yellow 39, en ausencia y en presencia de otros compuestos empleados en el proceso de tintura. Dichos complejos se supone que pueden presentarse bajo dos formas asociativas, las cuales dependen de la relación de concentraciones existentes entre compuesto anfotérico-colorante y de la temperatura. Una de las formas asociativas presenta una mayor afinidad por la fibra que el colorante sólo, mientras que otra presenta mayor poder de solubilización del colorante en la solución.
- El presente estudio muestra que los planes centrales rotacionales pueden ser empleados para un estudio tintóreo en donde intervienen cinco variables, siempre que el campo experimental se acote entre valores no muy separados. En caso contrario, el ajuste de la superficie de respuesta a los puntos experimentales no es completo y las con-

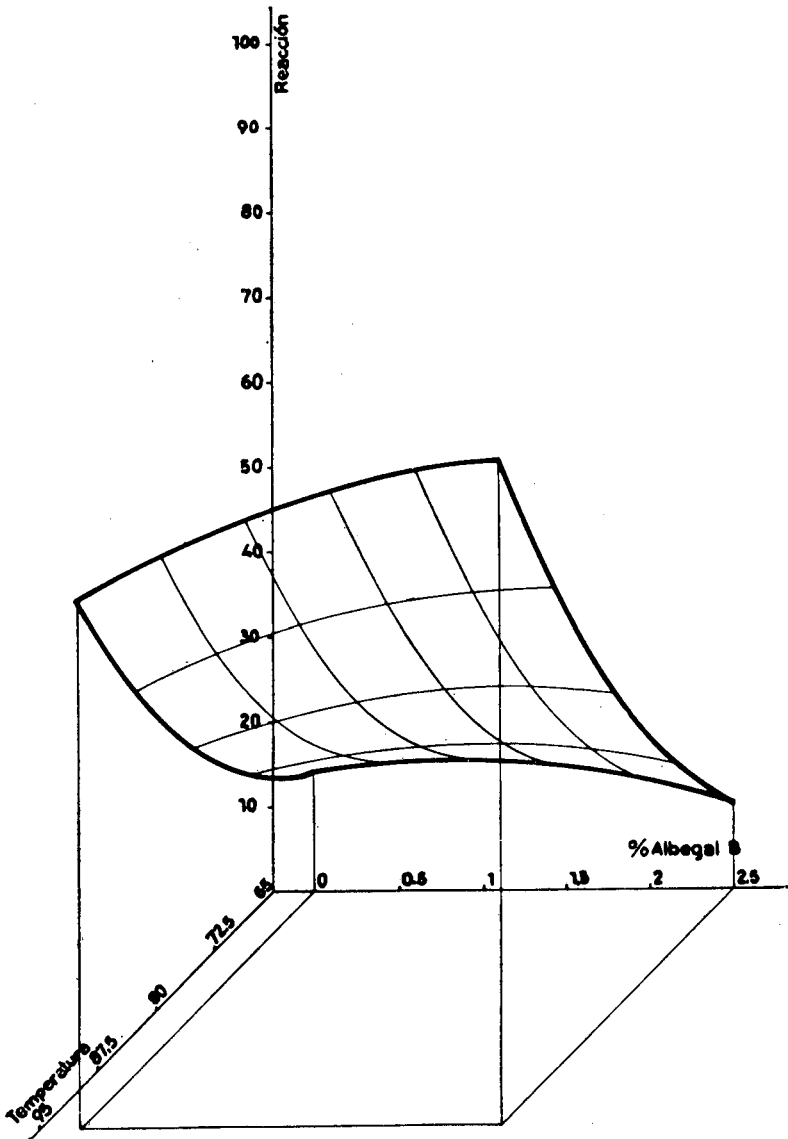


Fig. 8. Reacción del C. I. Reactive Yellow 39 en función de la concentración de Albegal B y de la temperatura.

clusiones inferidas de su análisis deben de ser tenidas como aproximadas, para los valores extremos.

- Al estudiar las interacciones de la concentración del Albejal B con el pH, la concentración del colorante y la temperatura, se aprecia la existencia de máximos para la absorción y la reacción del colorante por la fibra. Las concentraciones de Albejal B necesarias para alcanzar el valor de máxima absorción del colorante tienden a aumentar a medida que lo hace el pH, la concentración del colorante y la temperatura. No se ha podido apreciar una influencia muy específica del Albejal B en la reacción del colorante con la fibra.
- Se han propuesto una serie de posibles mecanismos de acción entre el Albejal B, fibra de lana y colorante y pH, a través de los cuales se ha interpretado el comportamiento del sistema tintóreo estudiado.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Secretariado Internacional de la Lana y a la Subdirección de Promoción Científica del Ministerio de Educación y Ciencia, la ayuda económica recibida para desarrollar este estudio.

## BIBLIOGRAFIA

1. A. Büler y R. Casty. — *Melliand Textilb.* 6, 1967.
2. W. Mossimann. — *Textile Chemist and Colourist*. June 18, vol. 1, n° 13 (1969).
3. J. Cegarra, J. Ribé, A. Riba, L. Aizpurua. — *Proceedings International Congress del IFATCC, Barcelona 1974.*
4. CIBA, Tintura tricromía de colorantes Lanazol en lana. N.° 3198K.
5. E. Coates. — *Journal Soc. Dyers and Colourist*, agosto 1969.
6. J. Cegarra, J. Gacén. — *Applied Polymer Symposium*. N.° 18, 607, 613 (1971).
7. J. Cegarra, P. Puente, F. Carrión, J. Valldeperas. *Bull. Scientifique I.T.F.*, vol 3, n.° 9.
7. J. Cegarra, P. Puente, F. Carrión, J. Valldeperas. *Bull. Scientifique I.T.F.*,
8. Box G. E. P., Hunter, J. S. — *Ann. Math. Stab.* 28, 1957.
9. Vickerstaff, T. — *The physical Chemistry of Dyeing*, 1954.
10. M. J. Rosen, H. A. Goldsmith. — *Systematic Analysis of Surface Active Agents*, Ed. Willey Interscience. New York.
11. J. H. Christoe, A. Datyner. — *Proceedings of the Fourth International Wool Textile Research Conference, Berkeley, California, 1970.*