

7.- RESULTADOS EXPERIMENTALES

Se indican en forma gráfica los resultados experimentales obtenidos sobre Tencel y Viscosa a las concentraciones de electrolito y las seis temperaturas estudiadas.

En los Anexos se han incluido todos los datos experimentales, así como las tablas de cálculos intermedios efectuados.

7.1.- Evolución concentración de colorante con el tiempo en función de la temperatura

Tencel, concentración de electrolito: 0,5 g/L de Na Cl

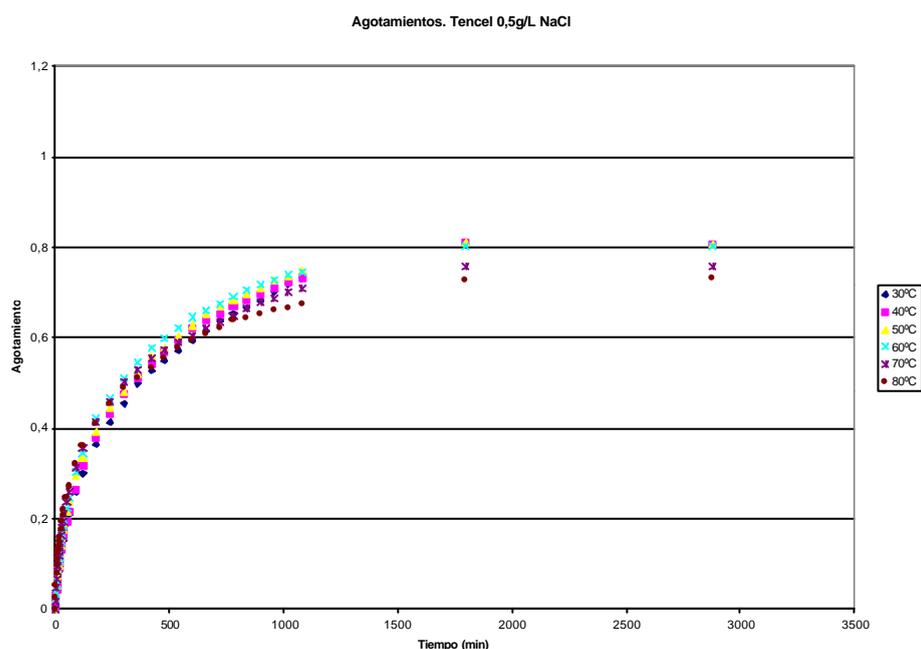


Fig.17: Evolución del agotamiento de colorante con la temperatura (0,5 g/L NaCl)

Tencel, concentración de electrolito: 1,0 g/L NaCl

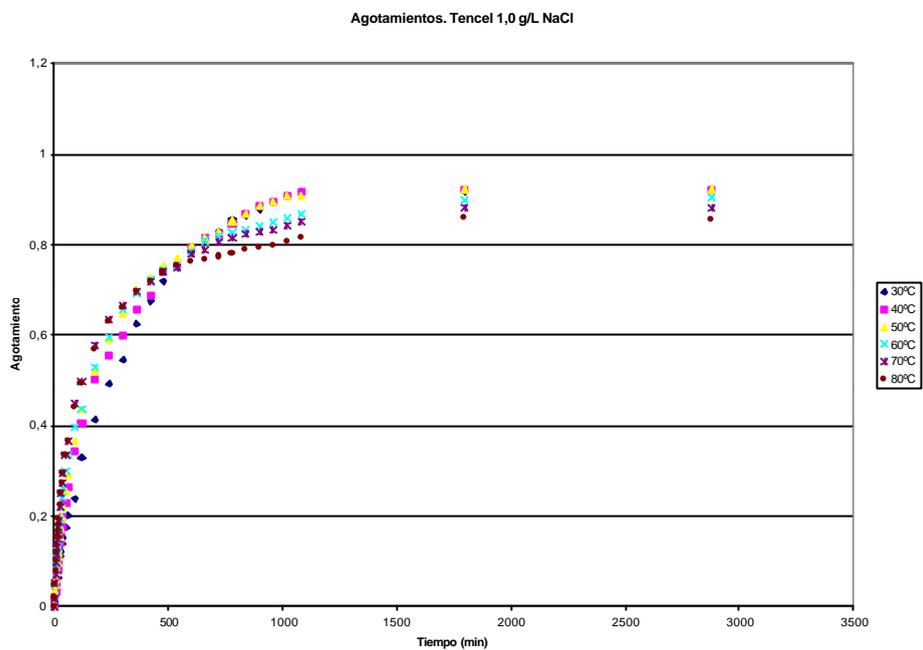


Fig.18: Evolución del agotamiento de colorante con la temperatura (1 g/L NaCl)

Tencel, concentración de electrolito 1,5 g/L NaCl

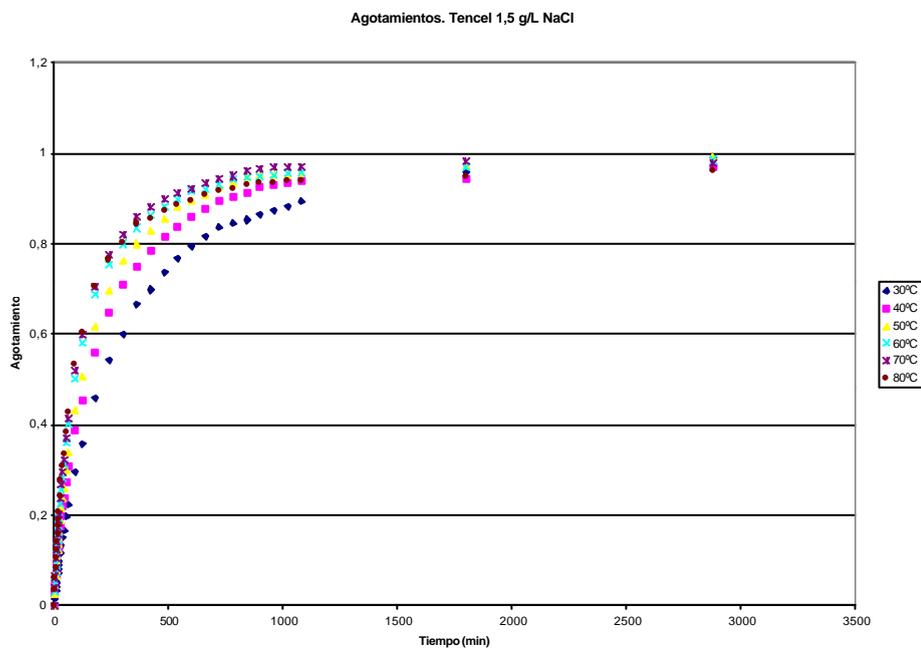


Fig.19: Evolución del agotamiento de colorante con la temperatura (1,5 g/L NaCl)

Viscosa, concentración de electrolito 0,5 g/L NaCl

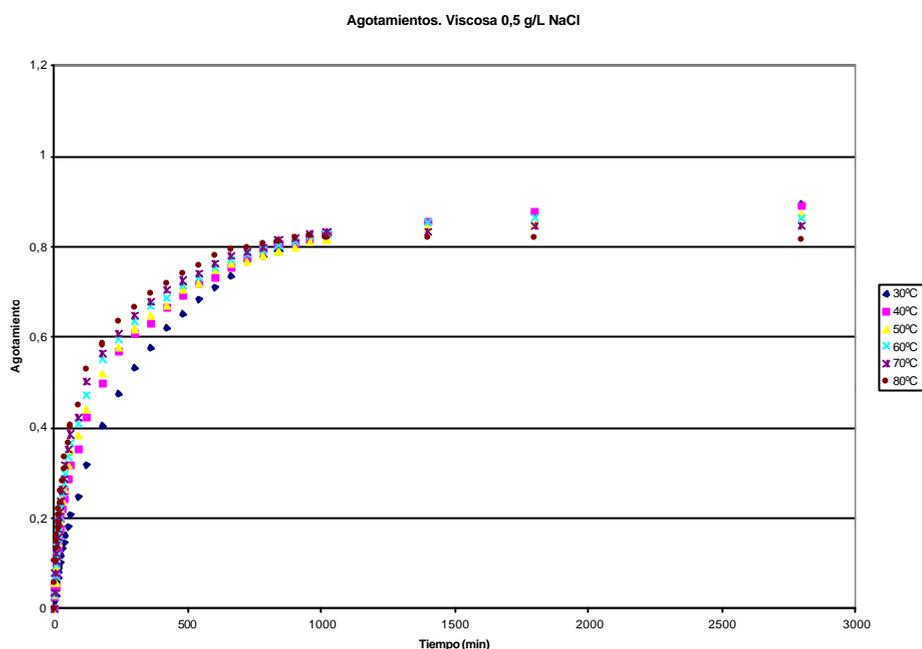


Fig.20: Evolución del agotamiento de colorante con la temperatura (0,5 g/L NaCl)

Viscosa, concentración de NaCl 1,0 g/L

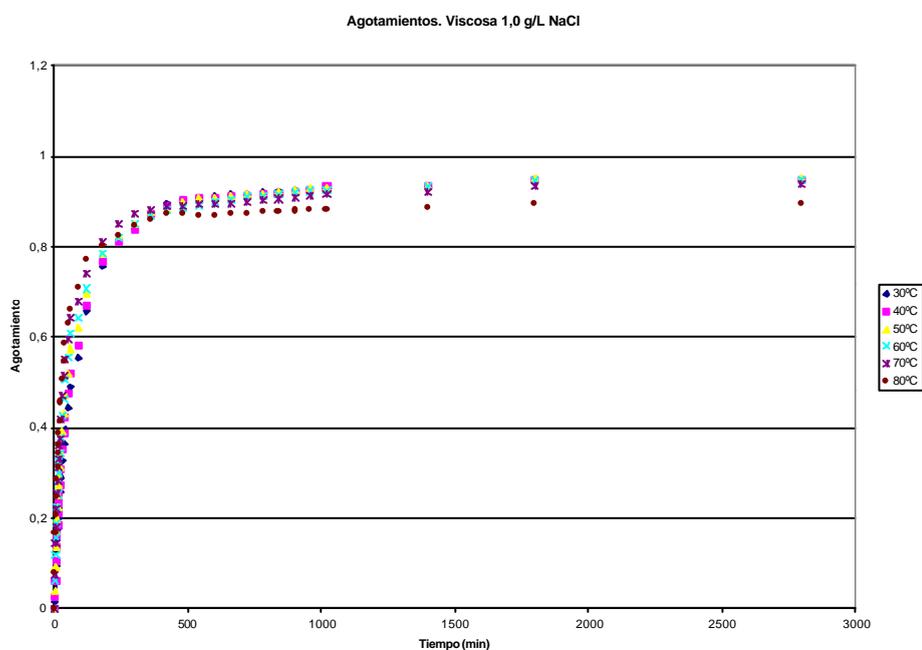


Fig.21: Evolución del agotamiento de colorante con la temperatura (1,0 g/L NaCl)

Viscosa, concentración de NaCl : 1,5 g/L

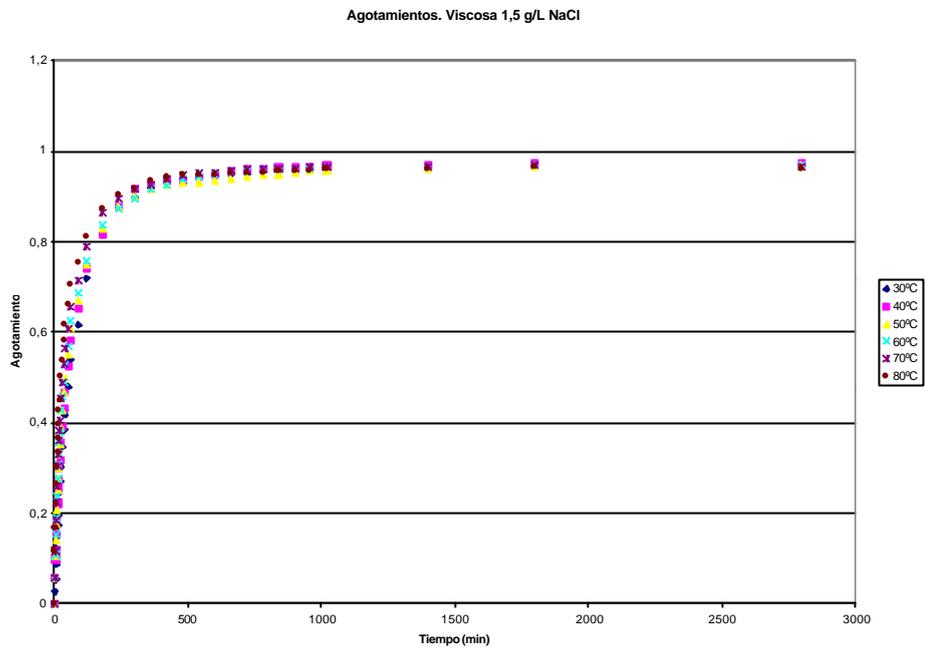


Fig.22: Evolución del agotamiento de colorante con la temperatura (1,5 g/L NaCl)

8.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se analiza en primer lugar la evolución del agotamiento al equilibrio y la influencia en el mismo de los dos parámetros estudiados: Temperatura y Concentración de electrolito.

8.1.- Efecto de la temperatura

En este apartado, se discutirán los resultados obtenidos a una concentración determinada de electrolito para todas las temperaturas ensayadas, es decir: 30, 40, 50, 60, 70 y 80 °C

8.1.1.- Concentración 0,5 g/L de NaCl

Los comportamientos a las distintas temperaturas resultan muy similares en Tencel hasta los 750 minutos de tintura. A partir de este tiempo, la evolución de los valores de la concentración de colorante en la fibra (C_f) empieza a dar algunas diferencias. A pesar de ello, los rangos de C_f se encuentran entre 0,015 y 0,017 g/L, por lo que pueden considerarse prácticamente iguales.

Los agotamientos finales obtenidos son:

T(°C)	Agotam. (E)
30	0,807
40	0,805
50	0,805
60	0,804
70	0,757
80	0,730

El conjunto de temperaturas desde 30 a 60°C, presentan agotamientos casi idénticos mientras que, al aumentar la temperatura, éstos disminuyen. Dicho comportamiento es el que cabe esperar de un sistema de tintura de colorantes directos con fibras celulósicas ¹.

El comportamiento que presentan Tencel es similar al de Viscosa a las mismas condiciones experimentales, aunque, tal y como puede apreciarse en la Fig.17 y 20 , en esta fibra, la absorción de colorante presenta una mayor diferenciación de comportamiento con el aumento de la temperatura. Ya en tiempos cortos, las diferencias de tendencia de la cinética pueden apreciarse claramente.

Los agotamientos obtenidos en Viscosa, son:

T(°C)	Agotam. (E)
30	0,893
40	0,890
50	0,874
60	0,864
70	0,847
80	0,810

En este caso, los agotamientos pueden considerarse prácticamente idénticos en todo el rango de temperaturas estudiado y en todos los casos, ligeramente superiores a los obtenidos con Tencel.

Todo ello, parece indicar que a la concentración de electrolito y a las temperaturas estudiadas, la sensibilidad de Tencel ante las temperaturas es baja, aunque el agotamiento final obtenido es muy similar .

8.1.2.- Concentración de 1 g/L de NaCl

En las cinéticas obtenidas para Tencel, se aprecian dos comportamientos diferenciados según el rango de temperaturas a estudio: de 30 a 50°C y el de 60-80°C.

Si se evalúan los agotamientos finales obtenidos, los dos bloques de comportamiento se corroboran.

T(°C)	Agotam. (E)
30	0,922
40	0,921
50	0,924
60	0,904
70	0,882
80	0,857

Si se compara con Viscosa, el comportamiento es similar.

T(°C)	Agotam. (E)
30	0,946
40	0,950
50	0,953
60	0,950
70	0,937
80	0,894

Tanto en un caso como en el otro, el sistema tintóreo, al aumentar la concentración de electrolito, aumenta la velocidad de absorción así como los agotamiento finales.

8.1.3.- Concentración de 1,5 g/L de NaCl

En este caso, la tintura de Tencel se desarrolla a mayor velocidad y los comportamientos en el rango de temperaturas estudiado se encuentra más diferenciado, observándose una progresión muy definida con la temperatura.

Los agotamientos finales obtenidos, han sido:

En Tencel:

T(°C)	Agotam. (E)
30	0,990
40	0,991
50	0,992
60	0,985
70	0,978
80	0,961

En Viscosa:

T(°C)	Agotam. (E)
30	0,968
40	0,974
50	0,968
60	0,969
70	0,965
80	0,961

Con el aumento de temperatura y electrolito, el agotamiento final aumenta en ambos casos. A pesar de ello, sigue consiguiéndose un mayor agotamiento en Tencel, tal y como se ha venido describiendo para las dos concentraciones de electrolito anteriores.

8.2.- Evolución del agotamiento

En el equilibrio, ambas fibras manifiestan un comportamiento acorde al que se espera de su carácter celulósico con colorantes directos. A pesar de ello, cada una, presenta evoluciones algo diferenciadas.

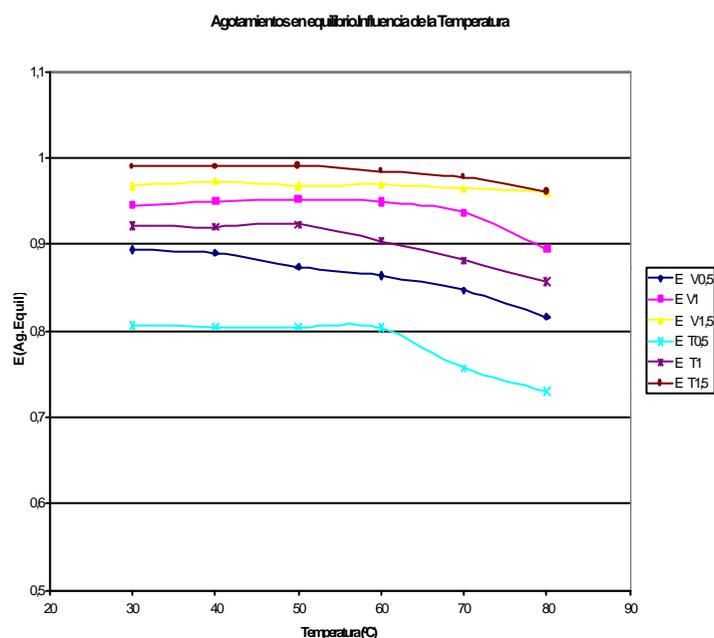


Fig. 23: Agotamientos en el equilibrio Tencel y Viscosa. Todas las temperaturas y todas las concentraciones de NaCl

Tal y como puede apreciarse en la Figura anterior, para las concentraciones de electrolito de 0,5 y 1 g/L de NaCl, los agotamientos de Viscosa son mayores que los agotamientos de Tencel, mientras que para el caso de 1,5 g/L de NaCl, el comportamiento se invierte consiguiendo agotamientos algo más elevados en el

caso de Tencel. A pesar de todo ello, los agotamientos no difieren excesivamente entre sí a cualquiera de las condiciones estudiadas.

De las gráficas de la Fig. 23 se desprende además, que ambos sistemas de tintura en el equilibrio, son más sensibles a las variaciones de concentración de electrolito que de temperatura hasta los 60°C, y tan sólo a 70 y 80°C, se producen variaciones comparables de agotamiento.

8.3.- Cinética de tintura

8.3.1.-- Influencia de la concentración de electrolito

En todas las tinturas realizadas con Tencel, puede apreciarse como factor común que, en las dos concentraciones superiores (1,5 y 1,0 g/L) de NaCl el comportamiento cinético es muy similar, mientras que para concentraciones bajas, dicho comportamiento es distinto. Al final de la tintura, se obtienen agotamientos mayores cuanto mayor es la concentración de electrolito.

De hecho, la tintura realizada a la concentración de 0,5 g/L de NaCl, presenta una cinética bastante más lenta.

Con el aumento de temperatura, los agotamientos finales obtenidas a las concentraciones bajas de electrolito, van acercándose cada vez más.

Si se compara este comportamiento con el de Viscosa, puede observarse que, a las condiciones de ensayo a las que se han sometido, los comportamientos cinéticos más similares aparecen a las concentraciones altas y muy diferenciadas respecto a la concentración de 0,5 g/L de NaCl.

Para las dos concentraciones altas, la velocidad de tintura es más rápida que a la concentración inferior.

Las tendencias observadas en cuanto a los agotamientos finales obtenidos, son muy similares entre si, tal y como ya se ha comentado en el apartado de la influencia de la temperatura y en la Fig .23 del apartado anterior.

8.3.1.1.- Tencel

Temperatura 30°C

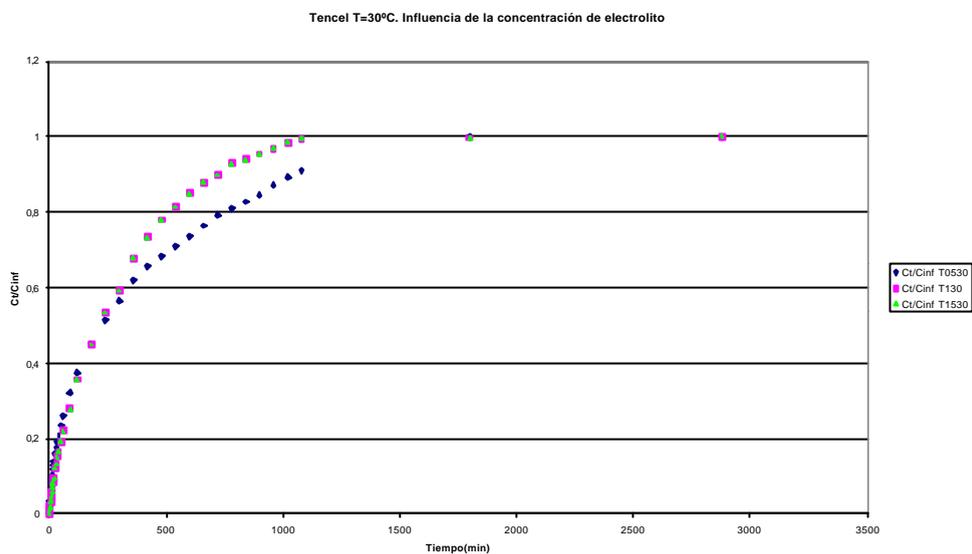


Fig. 24: Tencel T=30°C.Evolución con la concentración de electrolito

Temperatura 40 °C

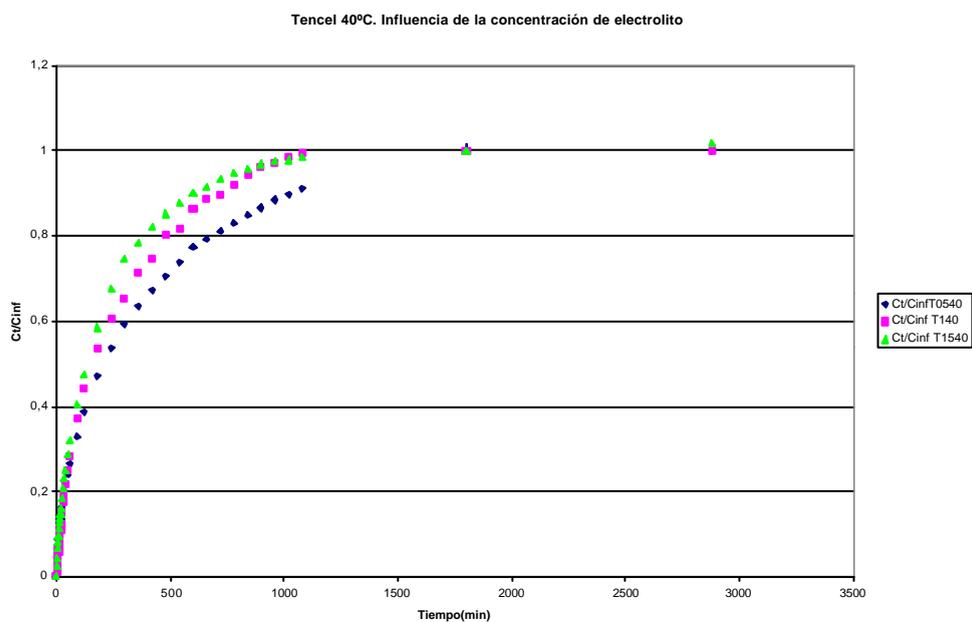


Fig. 25: Tencel T=40°C.Evolución con la concentración de electrolito

Temperatura 50°C

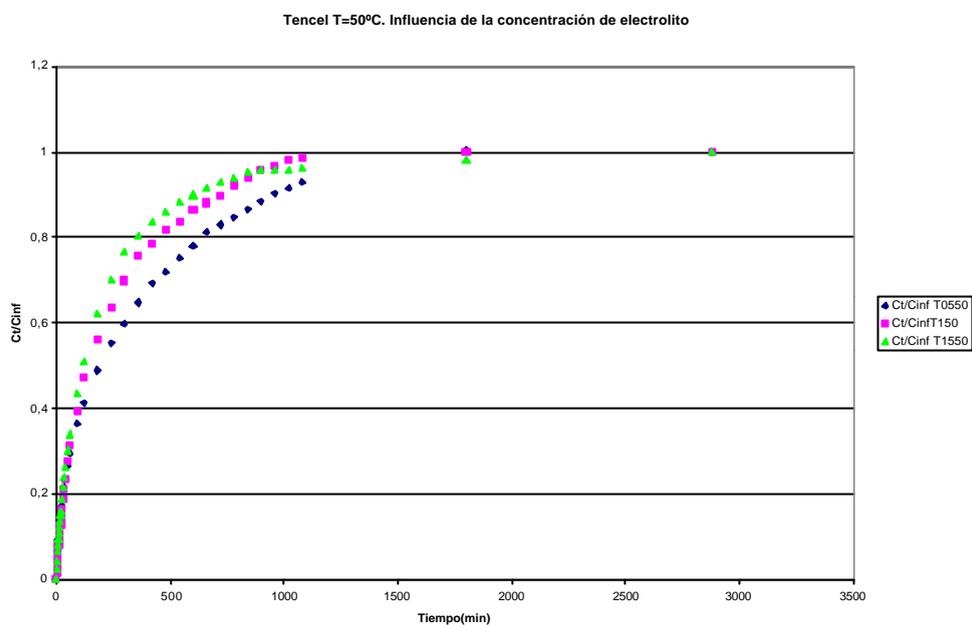


Fig. 26: Tencil T=50°C. Evolución con la concentración de electrolito

Temperatura 60°C

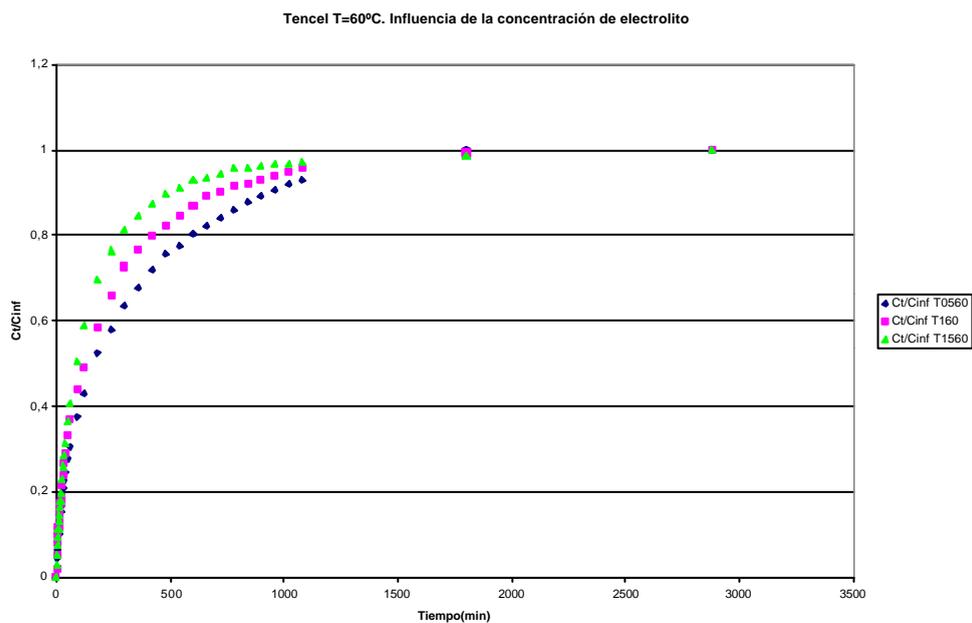


Fig. 27: Tencil T=60°C. Evolución con la concentración de electrolito

Temperatura 70°C

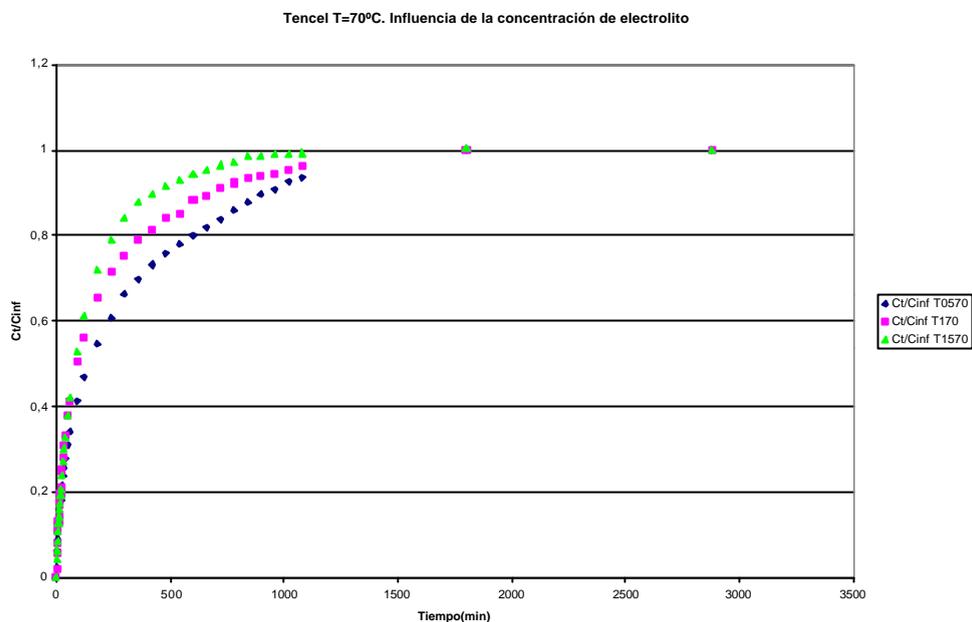


Fig. 28: Tencil T=70°C.Evolución con la concentración de electrolito

Temperatura 80°C

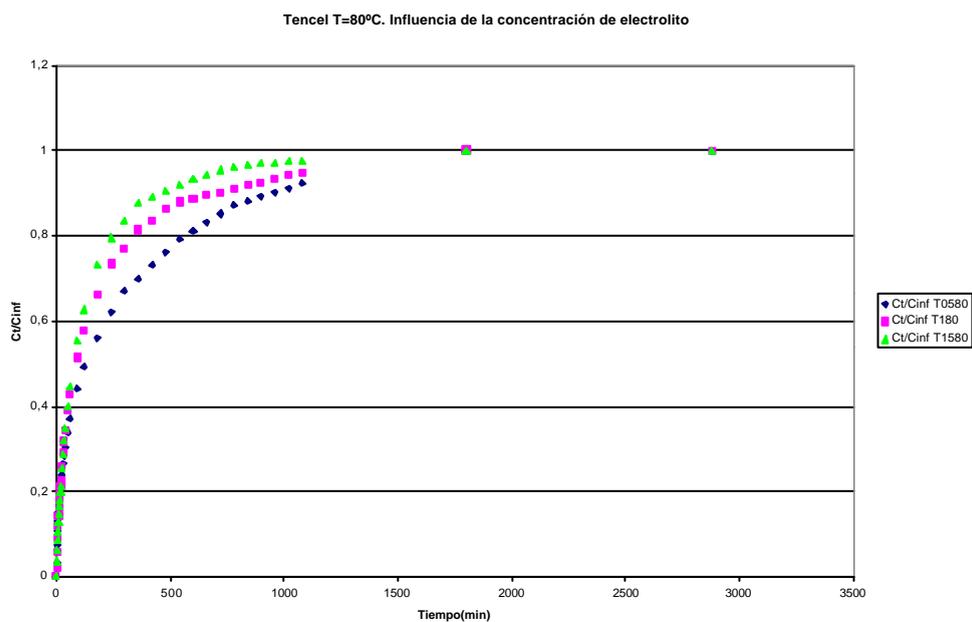


Fig. 29: Tencil T=80°C.Evolución con la concentración de electrolito

8.3.1.2.- Viscosa.

Temperatura 30°C

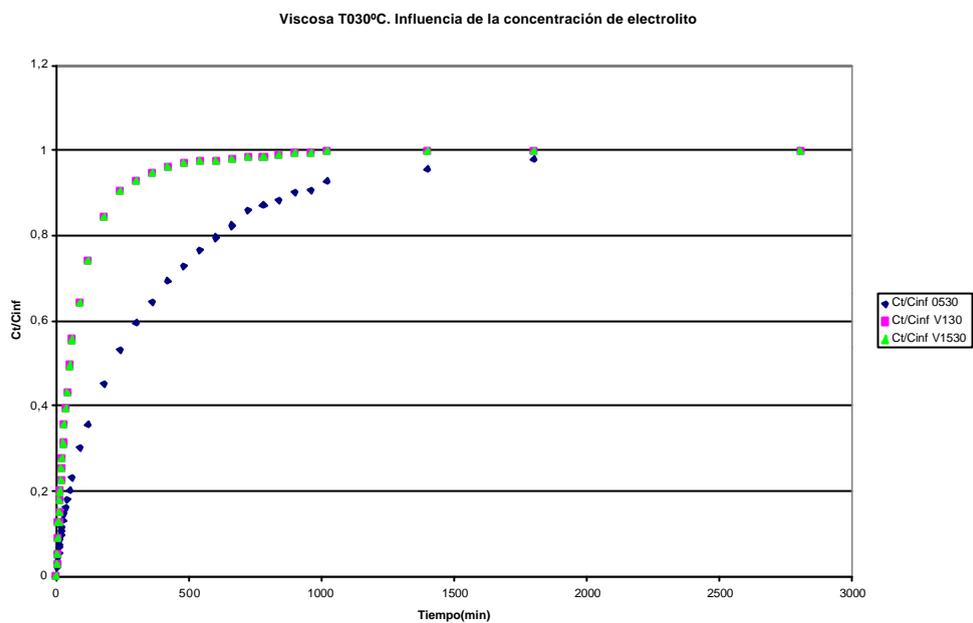


Fig. 30: Viscosa T=30°C. Evolución con la concentración de electrolito

Temperatura 40°C

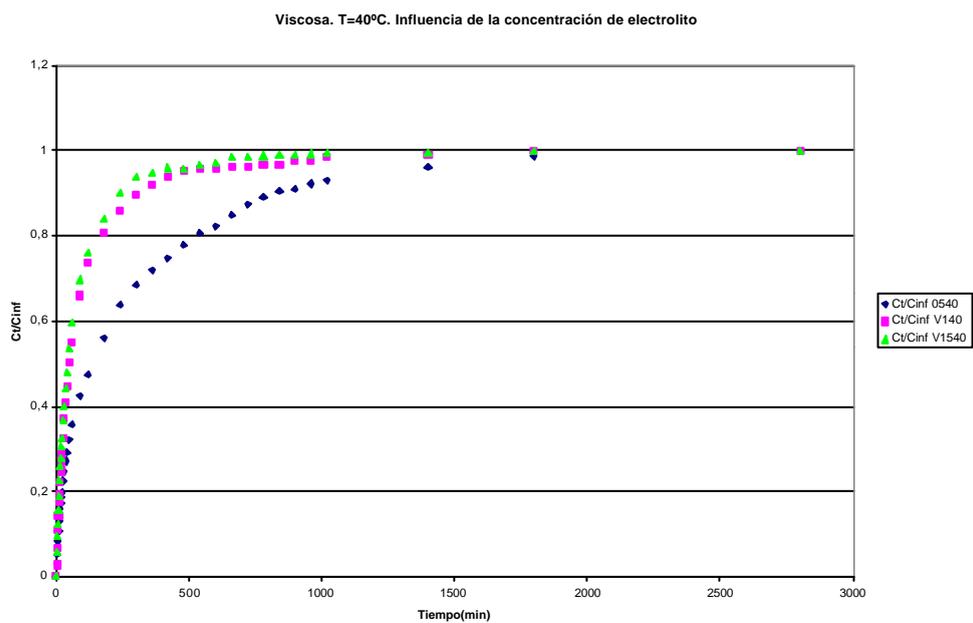


Fig. 31: Viscosa T=40°C. Evolución con la concentración de electrolito

Temperatura 50°C

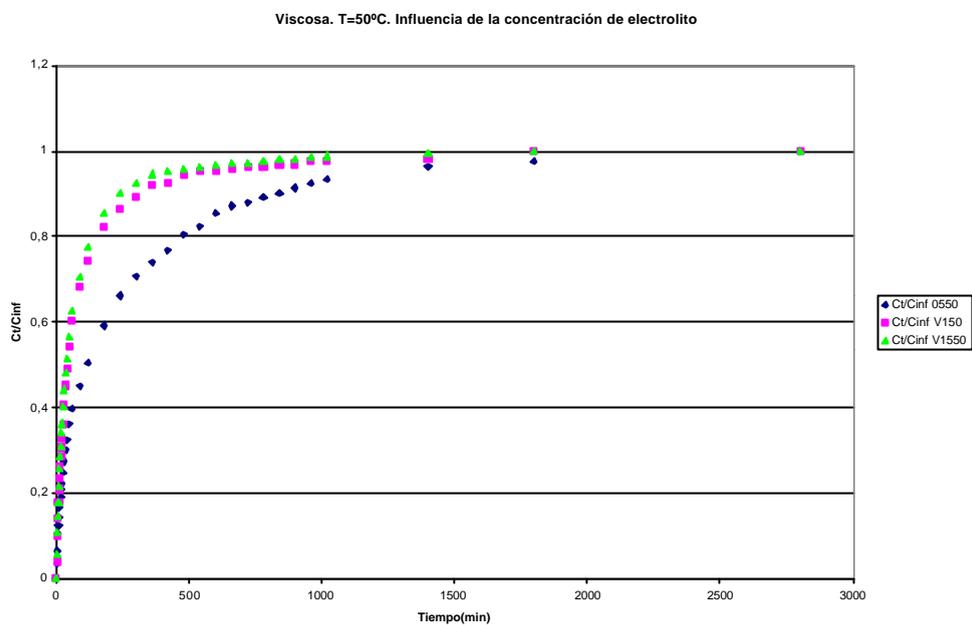


Fig. 32: Viscosa T=50°C.Evolución con la concentración de electrolito

Temperatura 60°C

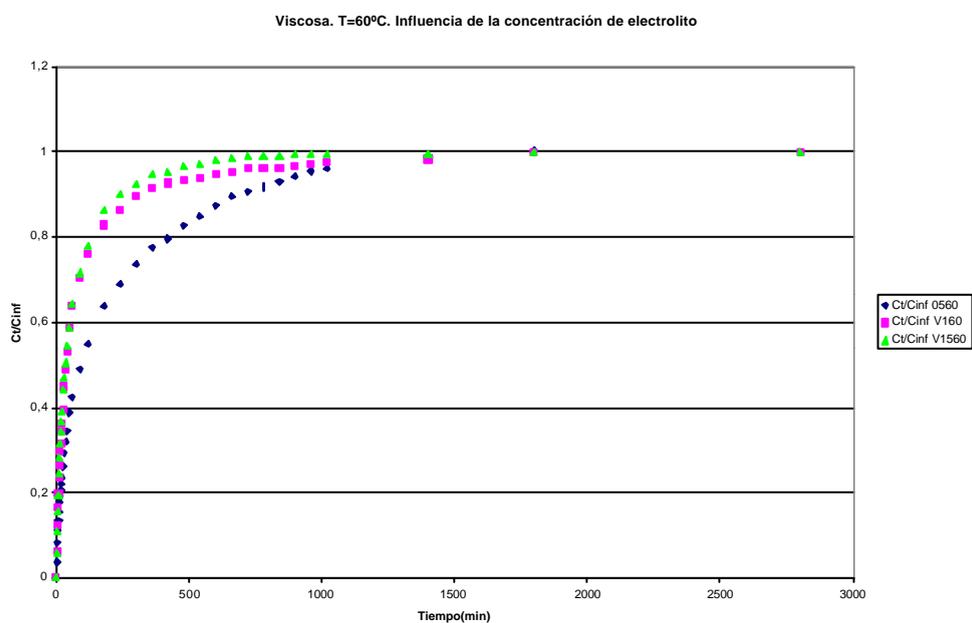


Fig. 33: Viscosa T=60°C.Evolución con la concentración de electrolito

Temperatura 70°C

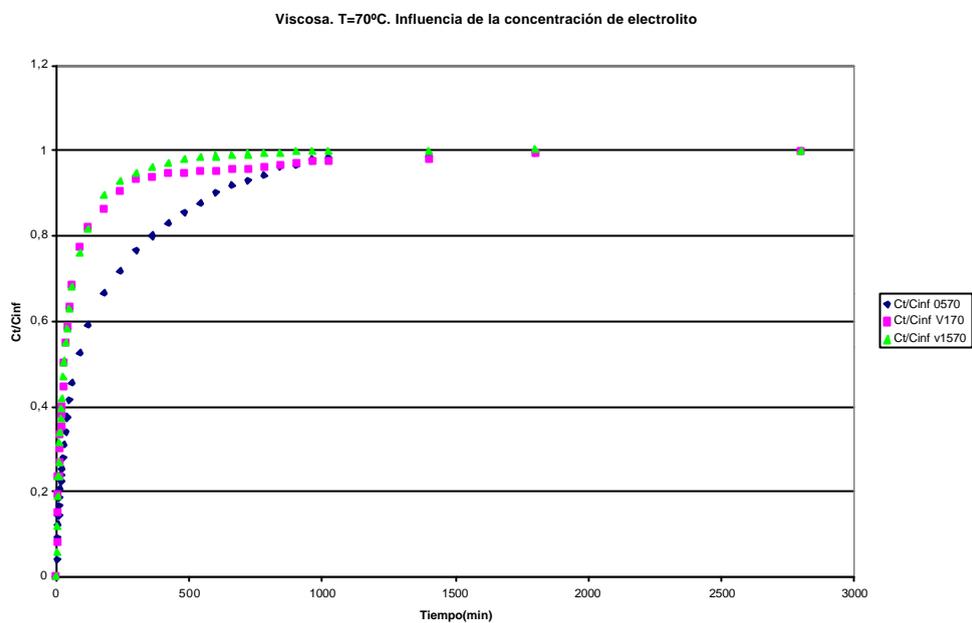


Fig. 34: Viscosa T=70°C. Evolución con la concentración de electrolito

Temperatura 80°C

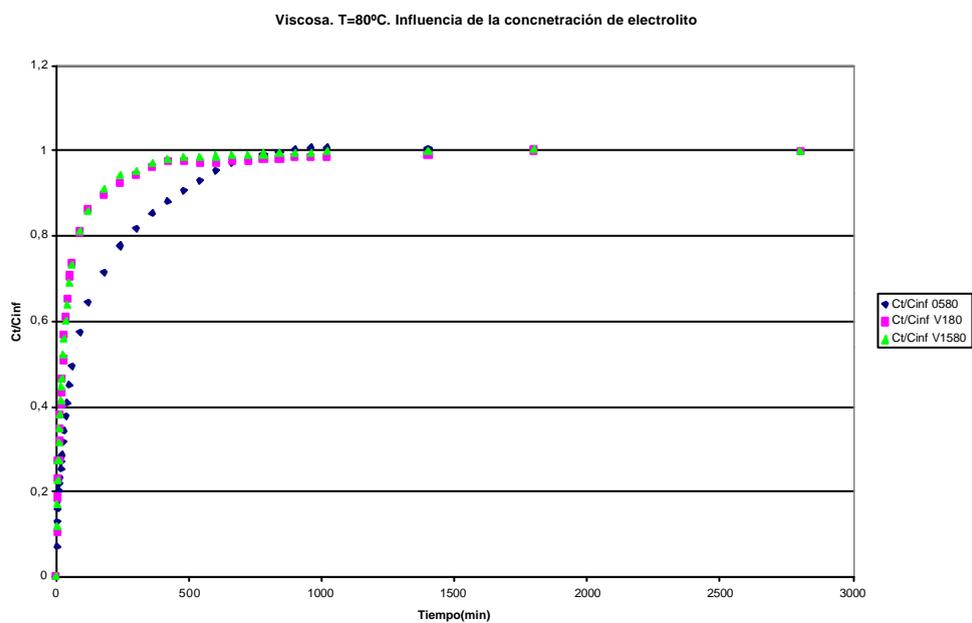


Fig. 35: Viscosa T=80°C. Evolución con la concentración de electrolito

8.4.- Modelos semi-empíricos

8.4.1.- Ecuación de Cegarra-Puente

Los resultados obtenidos al realizar la estimación de la constante cinética del modelo de Cegarra-Puente, se analizan en tres niveles de evolución de la cinética correspondientes a: $C_t/C_\infty = 1$ (todos los tiempos), $C_t/C_\infty = 0,8$ y $C_t/C_\infty = 0,5$ (tiempo de semi-tintura).

Dicho planteamiento se ha realizado con objeto de aprovechar al máximo las posibilidades de los ajustes matemáticos según los distintos modelos, ya que tal como se ha comentado en la Introducción, tanto los modelos cinéticos semi-empíricos, como las diversas soluciones a la segunda ley de Fick, describen sensiblemente mejor las cinéticas para agotamientos no excesivamente elevados, que cuando dichos equilibrios superan el 90-95% de agotamiento.

Los niveles concretos de evolución de las cinéticas, se han establecido a efectos de detectar con mayor precisión las similitudes o diferencias entre Viscosa y Tencel, se analiza la totalidad de la cinética (de $t = 0$ a $t = \infty$), la parte inicial de la misma (de $t = 0$ a $t = t_{1/2}$) hasta donde suelen ajustarse las ecuaciones deducidas para la difusión y el agotamiento del 80% (de $t = 0$ a $t = t_{C_t/C_\infty = 0,8}$) por haberse demostrado que la ecuación de Cegarra-Puente, aunque ha sido deducida para sistemas sin agotamiento, se ajusta con elevada precisión en tinturas con agotamiento hasta dicho nivel.

TABLA 10 : Todos los tiempos

Tencel	K	R²	Viscosa	K	R²
0,5-30	0,001308	0,9944	0,5-30	0,001458	0,9839
0,5-40	0,001421	0,9953	0,5-40	0,002019	0,9983
0,5-50	0,001545	0,9962	0,5-50	0,002283	0,9968
0,5-60	0,001687	0,9973	0,5-60	0,002673	0,9966
0,5-70	0,001841	0,9980	0,5-70	0,003139	0,9967
0,5-80	0,001979	0,9957	0,5-80	0,004125	0,9980
1,0-30	0,001633	0,9654	1,0-30	0,004649	0,9906
1,0-40	0,001888	0,9804	1,0-40	0,005105	0,9898
1,0-50	0,002087	0,9853	1,0-50	0,005942	0,9918
1,0-60	0,002279	0,9966	1,0-60	0,006870	0,9988
1,0-70	0,002696	0,9942	1,0-70	0,008961	0,9898
1,0-80	0,002854	0,9931	1,0-80	0,011832	0,9923
1,5-30	0,001438	0,9892	1,5-30	0,005188	0,9888
1,5-40	0,002010	0,9887	1,5-40	0,006139	0,9927
1,5-50	0,002383	0,9889	1,5-50	0,007043	0,9637
1,5-60	0,003036	0,9899	1,5-60	0,007688	0,9935
1,5-70	0,003238	0,9899	1,5-70	0,009234	0,9939
1,5-80	0,003456	0,9904	1,5-80	0,011796	0,9958

TABLA 11 :Ct/Cinf =0,8

Tencel	K	R²	Viscosa	K	R²
0,5-30	0,001258	0,9939	0,5-30	0,001304	0,9727
0,5-40	0,001370	0,9929	0,5-40	0,002046	0,9962
0,5-50	0,001489	0,9949	0,5-50	0,002384	0,9944
0,5-60	0,001659	0,9948	0,5-60	0,002798	0,9936
0,5-70	0,001872	0,9968	0,5-70	0,003276	0,9925
0,5-80	0,002071	0,9929	0,5-80	0,004219	0,9965
1,0-30	0,001315	0,9742	1,0-30	0,004471	0,9588
1,0-40	0,001637	0,9730	1,0-40	0,005121	0,9580
1,0-50	0,001892	0,9796	1,0-50	0,006151	0,9758
1,0-60	0,002250	0,9895	1,0-60	0,007211	0,9822
1,0-70	0,002802	0,9868	1,0-70	0,009262	0,9829
1,0-80	0,003024	0,9874	1,0-80	0,012110	0,9850
1,5-30	0,001328	0,9591	1,5-30	0,004916	0,9410
1,5-40	0,002042	0,9678	1,5-40	0,006087	0,9704
1,5-50	0,002244	0,9637	1,5-50	0,007122	0,9637
1,5-60	0,002914	0,9636	1,5-60	0,007855	0,9742
1,5-70	0,003124	0,9606	1,5-70	0,009343	0,9776
1,5-80	0,003350	0,9607	1,5-80	0,011999	0,9880

TABLA 12: Ct/Cinf=0,5

Tencel	K	R ²	Viscosa	K	R ²
0,5-30	0,001131	0,9767	0,5-30	0,001005	0,9496
0,5-40	0,001238	0,9796	0,5-40	0,002064	0,9809
0,5-50	0,001390	0,9754	0,5-50	0,002529	0,9835
0,5-60	0,001557	0,9785	0,5-60	0,002955	0,9815
0,5-70	0,001943	0,9892	0,5-70	0,003423	0,9816
0,5-80	0,002348	0,9921	0,5-80	0,004335	0,9942
1,0-30	0,000913	0,9143	1,0-30	0,004025	0,9230
1,0-40	0,001307	0,9111	1,0-40	0,004423	0,9151
1,0-50	0,001442	0,9129	1,0-50	0,005521	0,9401
1,0-60	0,002070	0,9659	1,0-60	0,006616	0,9576
1,0-70	0,002672	0,9451	1,0-70	0,008279	0,9656
1,0-80	0,002880	0,9537	1,0-80	0,011248	0,9754
1,5-30	0,000861	0,9036	1,5-30	0,003987	0,9823
1,5-40	0,001629	0,9497	1,5-40	0,005255	0,9341
1,5-50	0,001798	0,9347	1,5-50	0,006198	0,9345
1,5-60	0,002397	0,9262	1,5-60	0,007412	0,9326
1,5-70	0,002663	0,9387	1,5-70	0,008677	0,9336
1,5-80	0,002732	0,9233	1,5-80	0,011217	0,9696

A partir de los valores de las constantes obtenidos para cada uno de los intervalos a estudiar, puede calcularse las energías de activación y el factor preexponencial de cada una de ellas, mediante la representación gráfica del Ln K frente a 1/T, de acuerdo con la teoría de Arrhenius.

La representación gráfica y el cálculo de los parámetros indicados, puede verse a continuación:

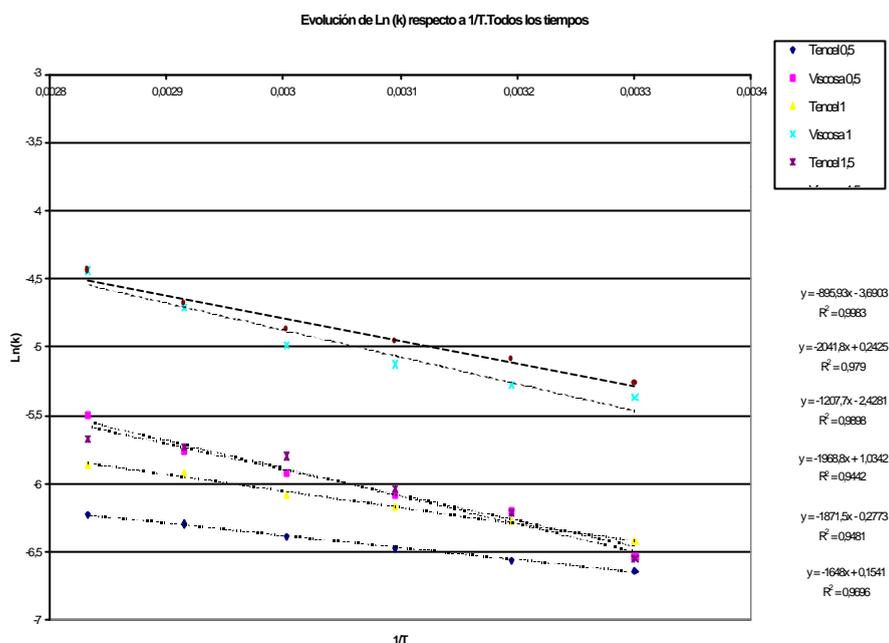


Fig. 36: Determinación de la energía de activación

Si se considera que la constante obtenida es un valor aparente que define la cinética global del sistema hasta el valor definido previamente, podrá aplicarse la ecuación de Arrhenius:

$$k = A_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad [67]$$

Si a esta expresión se le aplican logaritmos neperianos, entonces se convertirá en:

$$\ln(k) = \ln(A_0) - \frac{E_a}{RT} \quad [68]$$

A partir de la representación gráfica de $\ln k$ frente a $1/T$, podrá obtenerse como ordenada en el origen el término pre-exponencial y como pendiente, el valor de E_a/R .

TABLA 13

Energías de activación aparentes y pre-exponenciales. Todos los tiempos

	A_0	$E_a(\text{kcal/mol})$
Tencel 0,5	$24,96 \cdot 10^{-3}$	1,7739
Tencel 1	$88,20 \cdot 10^{-3}$	2,3912
Tencel 1,5	$757,8 \cdot 10^{-3}$	3,7055
Viscosa 0,5	1,274	4,0412
Viscosa 1	2,813	3,8982
Viscosa 1,5	1,167	3,2630

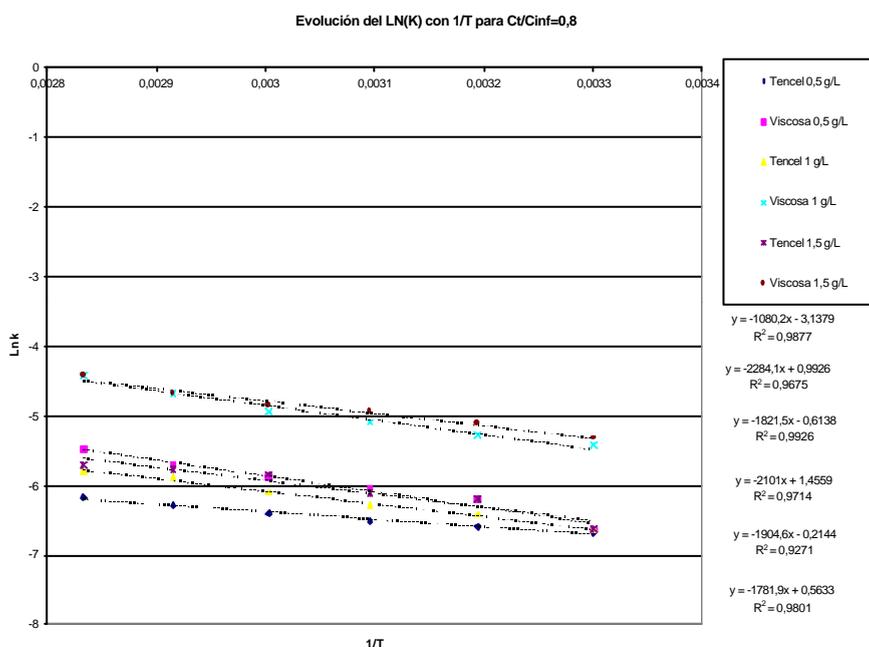


Fig. 37: Determinación de la energía de activación

De las gráficas anteriores, pueden calcularse los valores siguientes.

TABLA 14

Energías de activación aparentes y pre-exponenciales. $C_t/C_\infty = 0,8$

	A_0	$E_a(\text{kcal/mol})$
Tencel 0,5	0,043	2,138
Tencel 1	0,541	3,606
Tencel 1,5	0,807	3,771
Viscosa 0,5	2,698	4,522
Viscosa 1	4,288	4,159
Viscosa 1,5	1,756	3,528

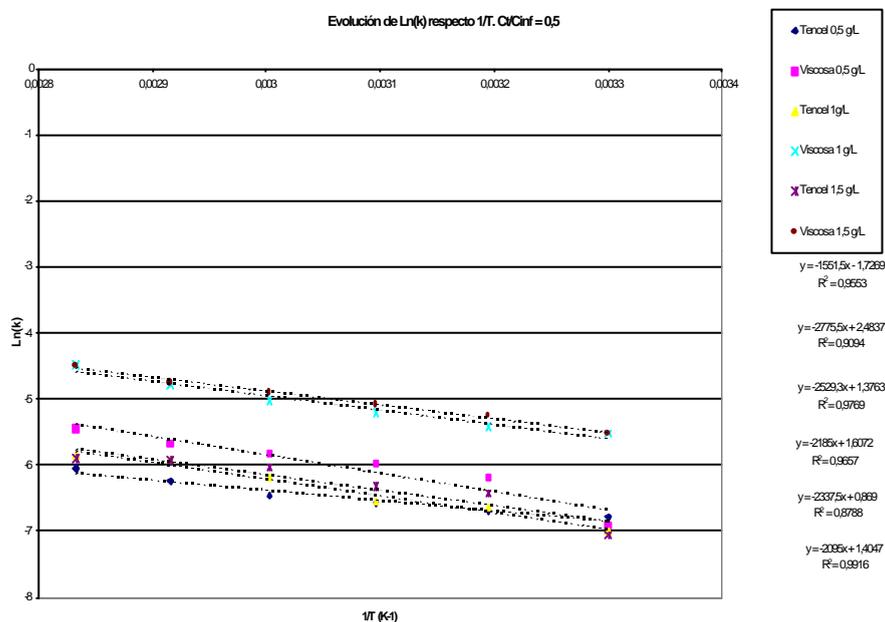


Fig. 39: Determinación de la energía de activación

A partir de las gráficas, pueden calcularse los siguientes valores:

TABLA 15

Energías de activación aparentes y pre-exponenciales. $Ct/C_\infty = 0,5$

	A_0	$E_a(\text{kcal/mol})$
Tencel 0,5	0,177	3,071
Tencel 1	3,960	5,007
Tencel 1,5	2,384	4,628
Viscosa 0,5	11,98	5,495
Viscosa 1	4,988	4,326
Viscosa 1,5	4,074	4,148

8.4.1.1.- Discusión de resultados

Antes de pasar a comentar caso por caso, lo que puede apreciarse es una buena adaptación del modelo de Cegarra-Puente a los tres grupos en los que se ha dividido la cinética.

Este hecho resulta un tanto sorprendente si se contempla la ecuación de Cegarra-Puente como una ecuación aplicable a baños infinitos. Los propios autores² proponen modificaciones de dicha ecuación para su aplicación a sistemas con agotamiento.

En la discusión correspondiente a modificaciones, se procederá a establecer una comparación con las ecuaciones que se plantean específicamente para agotamiento.

Todos los tiempos:

La evaluación de la constante cinética presenta una sensibilidad a la temperatura según la Teoría de Arrhenius, es decir, aumenta con el aumento de la misma.

Dicho aumento se hace más ostensible cuando la concentración de electrolito aumenta, lo que corrobora el hecho que se ha puesto de manifiesto en el apartado anterior, de que la velocidad de tintura evoluciona en dicho sentido: aumenta con la temperatura.

El aumento de la constante cinética con la temperatura es mayor en Viscosa que en Tencel, con lo que la sensibilidad ante este factor será mayor en Viscosa que en Tencel, tal y como se demuestra también por los valores mayores de la Energía de Activación que se obtienen en Viscosa que en Tencel.

El efecto de la concentración de electrolito es similar al que se pone de manifiesto con la temperatura, es decir, aumenta el valor de la constante cinética con el aumento de la concentración de electrolito.

Todo ello indica que el efecto conjunto del aumento de temperatura y concentración de electrolito, es aumentar la primera constante cinética del sistema. El aumento conjunto es mayor en el caso de Viscosa que en el de Tencel.

$C_t / C_{\infty} = 0.8$

El comportamiento que se observa en las constante cinéticas obtenidas hasta el 80% de agotamiento es, tanto cualitativa como cuantitativamente, muy similar al observado para todos los tiempos.

Los valores de las constantes cinéticas y su evolución presentan el mismo comportamiento descrito anteriormente: Los efectos de temperatura y de concentración de electrolito aumentan el valor de la constante cinética del modelo.

Ct / C_∞ = 0.5

Para tiempos cortos hasta alcanzar el 50% del agotamiento en el equilibrio, presentan también la misma tendencia observada en los casos precedentes aunque los valores de la constante son algo inferiores a los obtenidos en los dos casos anteriores.

Las diferencias en cuanto a los valores de “k” para este intervalo, son mayores para Tencel que para Viscosa, mientras que en el caso de Tencel con las concentraciones de electrolito de 0.5 y 1 g/L, los valores de “k” son similares a los obtenidos en los apartados anteriores, para la concentración de 1.5 g/L, las diferencias que pueden apreciarse son mayores, además, dichas diferencias aumentan ligeramente con el aumento de la temperatura.

En las etapas iniciales, los cambios en la constante cinética parecen ser más sensibles cuanto mayores son dichas constantes, ya que, en realidad estas primeras etapas están marcando la tendencia de los comportamientos que se darán en etapas posteriores.

El comportamiento más acusado, observado en Tencel y no en Viscosa, deberá atribuirse a sensibilidades frente electrolito y temperatura que se estudiará a continuación.

8.4.1.2.- Efecto de la Temperatura en la constante cinética

Tal y como se ha comentado anteriormente, las características cinéticas del modelo permiten cuantificar la sensibilidad a la Temperatura para cada una de las etapas y condiciones en las que se ha estructurado el sistema.

Todos los tiempos:

Tal y como puede apreciarse en las Figuras 36-39 la evolución de $\ln k$ frente a $1/T$ presenta distintas tendencias que dependen de la fibra a la que corresponde la constante cinética.

Las rectas con valores más elevados, corresponden a fibra de Viscosa mientras que las de valores inferiores corresponden a Tencel.

Atendiendo a los valores de energía de activación obtenidos, puede observarse una diferencia interesante.

La fibra de Tencel, en función del aumento de la concentración de electrolito, tiende a aumentar su energía de activación aparente lo que indica que a pesar de que la cinética es más rápida, la energía necesaria para conseguir vencer la barrera externa de la fibra es mayor.

En el caso de Viscosa, la tendencia de la energía necesaria para vencer la barrera externa, es a disminuir y alcanzar, aproximadamente, un mismo valor, siendo mayor para la concentración menor de electrolito, y disminuyendo ligeramente al aumentar dicha concentración.

Los valores de energía de activación son inferiores en Tencel que en Viscosa para los niveles bajo e intermedio de concentración de electrolito mientras que pueden considerarse iguales para la concentración más elevada.

$C_t / C_{\infty} = 0.8$

En la valoración hasta el 80% del agotamiento final, la evolución es similar a la observada para el proceso global.

La tendencia creciente de Tencel se repite aunque prácticamente sólo al pasar de 0.5 g/L de NaCl a 1-1.5 g/L.

Para Viscosa, la disminución se pone de manifiesto de forma más clara al pasar de 0.5-1 g/L a 1.5 g/L, aunque siempre dentro de un orden de magnitud muy similar.

Ct / C_∞ = 0.5

En la etapa inicial, los valores de energía de activación aparente, siguen la tendencia creciente en Tencel y decreciente en Viscosa por lo que podría afirmarse que el comportamiento observado es coherente a la fenomenología implicada en cada fibra.

Los valores obtenidos para Viscosa, siguen estando en los órdenes de magnitud de 4-5 kcal/mol pero en el caso de Tencel, los valores han aumentado.

Según estos resultados, mientras que la fibra de Viscosa presenta en todas las etapas aproximadamente los mismos valores para cada una de las concentraciones de electrolito ensayadas, y por tanto, la energía necesaria para vencer la barrera exterior es prácticamente la misma, en el caso de Tencel la barrera energética que debe vencer en las primeras etapas es mayor que para etapas posteriores. La entrada del primer colorante, disminuye la dificultad para que las moléculas que quedan en el baño puedan acceder al interior de la fibra.

Ello podría explicarse a partir de dos posibles modificaciones del sistema con Tencel en las primeras etapas: neutralización del potencial electrostático exterior o modificación de la estructura fina de la fibra con la entrada de las primeras moléculas de colorante, con lo que el colorante estaría actuando de forma similar al de un plastificante, relajando las interacciones inter-catenarias del sistema. En el caso de Tencel, la interacción provocada por agua no resultaría suficiente debido, posiblemente, a la gran ordenación que presentan las cadenas macromoleculares

de la zona amorfa; se requiere la inclusión de moléculas orgánicas mayores que actúen como zonas de afinidad química para el resto de las moléculas de colorante.

Referencias Bibliográficas

1 Cegarra,J.-Puente,P.-Valdeperas,J. *Fundamentos científicos y aplicados de la tintura de materias textiles*. UPB. 1981. Fig XII-14-b, pag. 296

2 Cegarra-Puente-Valdeperas. *Fundamentos Científicos y Aplicados de la Tintura de Materias Textiles*. UPB 1981, pag. 129