

---

**INDICE****OBJETIVOS DE LA TESIS**

Introducción a las características de las fibras Lyocell	1
--	---

**1.- DESCRIPCIÓN Y PROPIEDADES DE LAS FIBRAS LYOCELL**

1.1.- Definición	2
1.2.- Historia	2
1.3.- Proceso de fabricación	5
1.3.1.- Control fibrilación	7
1.3.2.- Acción enzimática	9
1.3.3.- Acabado	11
1.4.- Variedades	12
1.5.- Propiedades	13
1.5.1.- Físicas	13
1.5.2.- Algodón, viscosa y modal	16
1.6.- Aplicaciones	16
1.6.1.- No tejido unido con látex	16
1.6.2.- No tejido térmicamente unidos	17
1.6.3.- No tejido cohesionados en húmedo	17
1.6.4.- No tejido por reposo en húmedo	18
1.7.- Manipulación de Tencel	18

**2.- ESTRUCTURA Y MICROESTRUCTURA**

2.1.- Factor de orientación	19
2.2.- Estructura fina	21
2.2.1.- Evolución cristalinidad y factor de orientación	22
2.2.2.- Resistencia a tracción	23
2.2.3.- Hinchamiento y estructura	27
2.2.4.- Accesibilidad de los colorantes	36
2.3.- Últimas aportaciones a la estructura de Lyocell	37

---

2.3.1.- Tratamientos aplicados	38
2.3.1.1.- Experimento 1	38
2.3.1.2.- Experimento 2	39
2.3.1.3.- Experimento 3	40
2.3.1.4.- Experimento 4	42
2.3.1.5.- Experimento 5	43
2.3.2.- Conclusiones a partir de los experimentos	44
2.3.2.1.- Estructura corteza-núcleo	44
2.3.2.2.- Características de la corteza	45
2.3.2.3.- Características del núcleo	46
2.3.3.- Macrofibrillas y apariencia fibrilada	46
2.4.- Consecuencias tintóreas	49
<b>3.- CINÉTICA DE TINTURA Y DIFUSIÓN</b>	
3.1.- Introducción	50
3.2.- Ecuación parabólica	50
3.3.- Ecuación de primer orden	51
3.4.- Ecuación propuesta por Vickerstaff	51
3.5.- Ecuación Cegarra-Puente-Valldeperas	53
3.6.- Modelo de Chrastil	53
3.6.1.- Cálculo de los Coeficientes de Difusión	56
<b>4.- APROXIMACIONES MATEMÁTICAS AL FENÓMENO DE DIFUSIÓN DE COLORANTES EN FIBRAS</b>	
4.1.- Introducción	58
4.2.- Etapas implicadas en el proceso de tintura	59
4.3.- Difusión de colorantes en el interior de la fibra	61
4.3.1.- Coeficientes de Difusión	61
4.3.2.- Ecuaciones gobernantes del proceso	62
4.3.3.- Evaluación de las ecuaciones	65
4.3.4.- Nuevas aproximaciones	73
4.4.- Discusión	83

---

5.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
6.- PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	
6.1.- Fibras utilizadas	91
6.2.- Colorante utilizado	92
6.2.1.- Influencia de la concentración	93
6.2.2.- Curvas de calibración	93
6.2.3.- Equilibrio y <i>pseudo</i> -equilibrio	95
6.3.- Sistema de circulación	96
6.3.1.- Elección de las variables	97
6.3.2.- Velocidad de circulación	98
6.3.3.- Reproducibilidad de los resultados	99
6.4.- Estimación no lineal de los parámetros de cada modelo	99
6.4.1.- Regresión de datos experimentales	99
6.4.2.- Regresión no lineal	101
6.4.3.- Parámetros para el proceso de solución	103
7.- RESULTADOS EXPERIMENTALES	
7.1.- Evolución de la concentración de colorante con el tiempo, en función de la temperatura	106
8.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS	
8.1.- Efecto de la temperatura	110
8.1.1.- Concentración NaCl 0,5 g/L	110
8.1.2.- Concentración NaCl 1,0 g/L	112
8.1.3.- Concentración NaCl 1,5 g/L	113
8.2.- Evolución del agotamiento	114
8.3.- Cinética de tintura	115
8.3.1.- Influencia concentración de electrolito	115
8.3.1.1.- Tencel	117
8.3.1.2.- Viscosa	120

---

8.4.- Modelos Cinéticos	123
8.4.1.- Ecuación de Cegarra-Puente	123
8.4.1.1.- Discusión de resultados	130
8.4.1.2.- Efecto de la temperatura	132
8.4.2.- Ecuación Cegarra-Puente-Valldeperas	136
8.4.2.1.- Discusión de resultados	146
8.4.2.1.1.- Evolución con electrolito	146
8.4.2.1.2.- Evolución coeficiente agotamiento	150
8.4.2.2.- Justificación de relación con la difusión	151
8.4.3.- Modelo de Chrastil	162
8.4.3.1.- Resultados a partir de factor promedio	169
8.4.3.2.- Coeficientes de Difusión	176
8.4.3.3.- Discusión de resultados	183
8.4.3.4.- Estimación simultánea	183
8.4.3.5.- Estimación $k_{ap}$ a partir factor promedio	184
8.4.3.6.- Comparación factores estructurales	186
8.4.3.7.- Energías de activación	191
8.4.4.- Modelo de Urbanik	193
8.4.4.1.- Introducción	193
8.4.4.2.- Desarrollo matemático	193
8.4.4.3.- Resultados obtenidos	195
8.4.4.4.- Discusión de resultados	201
8.4.4.5.- Coeficientes de Difusión	204
8.5.- Modelos matemáticos	207
8.5.1.- Ecuación de Crank	207
8.5.1.1.- Introducción	207
8.5.1.2.- Cálculo Coeficientes de Difusión	209
8.5.1.3.- Discusión de resultados	217
8.5.2.- Modelo de Kilby	219
8.5.2.1.- Introducción	219
8.5.2.2.- Resultados obtenidos	222
8.5.2.3.- Discusión de resultados	226
8.5.3.- Ecuación de Crank. Modificación Rais-Militky	227
8.5.3.1.- Introducción	227

---

8.5.3.2.- Resultados obtenidos	229
8.5.3.3.- Discusión de resultados	237
8.6.- Resumen comparativo de $D_{ap}$ de Tencel	240
8.7.- Comparación de los parámetros estadísticos	243
8.7.1.- Parámetros utilizados en la comparación	243
8.7.2.- Modelos cinéticos	244
8.7.3.- Discusión modelos cinéticos	249
8.7.4.- Modelos matemáticos	251
8.7.5.- Discusión modelos matemáticos	254
9.- CONCLUSIONES	256
10.- RECOMENDACIONES	260
ANEXOS	