

REDUCCIÓN DE LA TEMPERATURA EN LA TINTURA DE POLIÉSTER 100% CON COLORANTE ROJO DISPERSO 13 POR MEDIO DE LÍQUIDO IÓNICO

Carlos Alberto López Gómez

Profesor de Acabados Textiles en la Escuela Superior de Ingeniería Textil del Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México

Josefina Graciela Contreras García

Profesora de Fibras Químicas en la Escuela Superior de Ingeniería Textil del Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México

Diana Juárez Monroy

Estudiante de la licenciatura en Ingeniería Textil de la Escuela Superior de Ingeniería Textil del Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México

Samantha Esmeralda Bravo Campos

Estudiante de la licenciatura en Ingeniería Textil de la Escuela Superior de Ingeniería Textil del Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México

All content in this magazine is licensed under a Creative Commons Attribution License. Attribution-Non-Commercial-Non-Derivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).



Resumen— En este artículo se presentan los resultados del análisis de la tintura realizada con colorante rojo disperso 13 y diferentes líquidos iónicos, Adipato de Tri-metil-etil amonio (ATEMA), Salicilato de tri-hexil-metil-amonio (STXMA) y Tartarato de tri-hexil-metil-amonio (TTXMA) a diferentes temperaturas (80-90-100 °C), para evaluar las interacciones químicas existentes al introducir un agente que modifica el equilibrio tintóreo de las fases presentes. El proceso de tintura del poliéster requiere innovación que nos lleve a mejorar la eficiencia de los enlaces químicos formados, para disminuir el impacto ambiental reduciendo residuos y menor consumo de temperatura. Motivo por el cual es necesario implementar nuevas estrategias que nos permitan reducir el consumo de auxiliares dentro del proceso de tintura textil. Con la aplicación de líquidos iónicos se promueve la deformación de la estructura físico-química del polímero, logrando una mayor adsorción-absorción-difusión del colorante disperso. Los líquidos iónicos son conocidos por su comportamiento de química verde, debido a sus características químicas sustentables, lo que representa un gran potencial en el ámbito textil.

Palabras clave— Líquido iónico, rojo disperso 13, tintura, tejido poliéster 100%.

INTRODUCCIÓN

Debido a razones económicas, la industria del teñido textil generalmente emplea procesos tradicionales y absolutamente no ecológicos: se requieren grandes cantidades de agua junto con una gran cantidad de productos químicos añadidos que representan problemas ambientales dramáticos. El líquido iónico asegura un teñido eficiente de poliéster en procesos abiertos, en ausencia de cualquier agente auxiliar con agotamiento casi total del baño de colorante, lo que permite en principio el reciclaje del baño de tinte. Los

beneficios ambientales derivados de la sustitución de una serie de agentes auxiliares generalmente empleados por un solo líquido iónico se destacan junto con los económicos. Bianchini (2015)

De acuerdo a Moore (2004) la industria textil tiene el reto de satisfacer los requerimientos cada vez más exigentes de las legislaciones y controles impuestos por los gobiernos y las agencias reguladoras para asegurar el cumplimiento de los términos medio-ambientales. Durante todo el proceso se usan altos volúmenes de agua para los términos de tintura, enjuague y lavado posterior. Los efluentes producidos de la tintura del algodón son altamente contaminados principalmente con sales y colorantes reactivos, reportan altos niveles de DQO, por lo que es necesario reducir los niveles del consumo de los componentes del proceso. Castillo (2019)

En las últimas décadas con el fin de desarrollar los procesos en industria de textil más compatibles con el medio ambiente, comúnmente llamado “textil verde” se observa una tendencia creciente para la aplicación de nuevos fluidos tecnológicos alternativos al agua, DyeCoo Textile Systems (2010) tradicionalmente utilizado como un medio para la transformación de un textil. Este enfoque ofrece una serie de ventajas en comparación con los procesos actuales, Gao, D. (2015) que requieren un gran volumen de agua, más productos químicos, auxiliares, que necesitan etapas adicionales de secado y tratamiento de aguas residuales textiles. Welton, T. (1999). Durante inicios del año 2000, surgió una nueva clase de solventes verdes, denominados líquidos iónicos. Estos compuestos comenzaron a atraer la atención de los investigadores en todo el mundo, teniendo perspectivas ecológicas e industriales muy prometedoras. Fischer, T (1999) Los líquidos iónicos actúan como muchos solventes orgánicos, disuelven especies polares y no-

polares, Cevasco, G (2014) a veces actúan mucho mejor que los solventes comunes.

A pesar de su potencial, el uso de líquidos iónicos en la industria textil sigue siendo extremadamente limitada. Wassercheid, P. (2008). Esto puede explicarse en primer lugar por el costo de los líquidos iónicos que limita aplicaciones a gran escala. La segunda razón está relacionada probablemente con la falta de información científica sobre la mayoría de estos solventes. Los estudios de la aplicación de líquidos iónicos en los procesos textiles se realizan con miras a mejorar las actividades de investigación y las aplicaciones industriales. Stasiewicz, M (2008).

Cabe recalcar, que es crucial la elección de los cationes y aniones que forman el líquido iónico. En general, los líquidos iónicos están compuestos por un catión orgánico grande y un anión orgánico o inorgánico. El anión tiende a ser deslocalizado con el fin de reducir las interacciones interiónicas y puede ser pequeño o grande molecularmente. Liquiang, T. (2011). Algunos de los cationes más comunes son los siguientes: a base de Piridinio, Pirazol, Imidazol, Fosfonio, Sulfonio o aminas cuaternarias. De acuerdo con las consideraciones anteriores, se decidió experimentar con diferentes líquidos iónicos con comportamiento hidrofóbico definido por su cadena hidrocarbonada, Adipato de Tri Etil Metil Amonio (ATEMA), Salicilato de Tri Hexil Metil Amonio (TTXMA) y Tartarato de TriHexil Metil Amonio (STXMA) en un proceso de tinte a 80, 90 y 100 ° C, con el fin de evaluar el comportamiento en la absorción y fijación del colorante disperso 13 de tipo azoico, para determinar la factibilidad de su aplicación a nivel industrial para coadyuvar en la eficiencia del 80 % del colorante en el proceso de tinte.

MÉTODOS

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL DE TINTURA TEXTIL

MATERIALES

El sustrato textil es tela tejida 100% poliéster de 181 g/m, producido por Kaltex, Las enzimas pectinasa bacteriana, fueron proporcionadas por MyM Consultores químicos, los reactivos químicos y ácido acético fueron proporcionados por J.T Baker grado analítico, el colorante RD-13 o Disperse Red 13 es de Sigma Aldrich de grado analítico.

Líquidos iónicos sintetizados (ATEMA, TTXMA y STXMA) según el procedimiento. Valdez, M. et al (2014).

EQUIPOS UTILIZADOS

Espectrofotómetro de UV Visible Perkin-Elmer Lambda Bio 20 (100-240 V, 50/60 Hz, 3.15 A) se utilizó para caracterización de concentración (mg/L) de colorante en el baño residual. Colorímetro CR-410 d/0 Konica Minolta con la iluminación difusa/ángulo de visión 0°; componente especular incluido detector fotoceldas de silicio, fuente de iluminación lámpara de xenón pulsada se utilizó para caracterización de reflectancia en tela. Launderómetro M228AA marca SDL-Atlas de 20 vasos metálicos de acero inoxidable se utilizó para aplicación de norma solidez al lavado. LABOMAT Tipo BFA de la marca Mathis/Suiza con 24 vasos metálicos de acero inoxidable se utilizó para tinte.

PREPARACIÓN DEL TEJIDO

El sustrato textil fue descrudado por proceso de agotamiento en equipo Labomat de la marca Mathis/Suiza. El **descruado** se realizó con enzima pectinasa en porcentaje 3% spm, con una relación de baño de 1:20, temperatura de 60°C y tiempo de 30 min, terminado el proceso se drenó el baño, se enjuagó. Posteriormente se lavó con una mezcla de

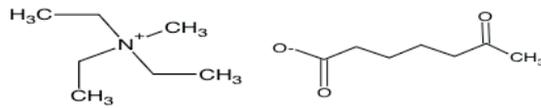


Figura 1. LI Adipato de Tri Etil Metil Amonio (ATEMA)

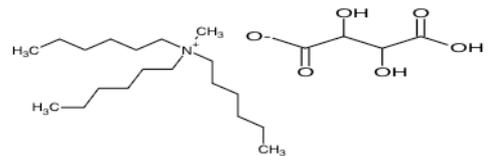
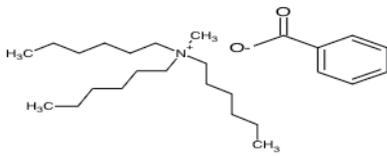


Figura 2. LI Salicilato de Tri Hexil Metil Amonio(STXMA)

Figura 3. LI Tartarato de Tri Hexil Metil Amonio(TTXMA)



Fig. 4 Proceso de tintura



Fig. 5 Residual de tintura

Experimento	Abreviatura	Descripción
1	TN-1	Método tradicional de tintura con Rojo Disperso 13 (RD-13) con auxiliares (Bencensulfonato de sodio y ácido acético)
2	TN-2	Método tradicional de tintura con Rojo Disperso 13 (RD-13) con auxiliares (Bencensulfonato de sodio y ácido acético) y con liquido iónico (TTXMA) durante la tintura por agotamiento.
3	TN-3	Método tradicional de tintura con Rojo Disperso 13 (RD-13) con auxiliares (Bencensulfonato de sodio y ácido acético) y con liquido iónico (STXMA) durante la tintura por agotamiento.
4	TN-4	Método tradicional de tintura con Rojo Disperso 13 (RD-13) con auxiliares (Bencensulfonato de sodio y ácido acético) y con liquido iónico (ATEMA) durante la tintura por agotamiento.
5	TN-5	Método tradicional de tintura con Rojo Disperso 13 (RD-13) con auxiliares (Bencensulfonato de sodio y ácido acético) y con liquido iónico (TTXMA) antes de la tintura por impregnación.
6	TN-6	Método tradicional de tintura con Rojo Disperso 13 (RD-13) con auxiliares (Bencensulfonato de sodio y ácido acético) y con liquido iónico (STXMA) antes de la tintura por impregnación
7	TN-7	Método tradicional de tintura con Rojo Disperso 13 (RD-13) con auxiliares (Bencensulfonato de sodio y ácido acético) y con liquido iónico (ATEMA) antes de la tintura por impregnación

Tabla 1 Descripción de experimentos.

detergente y emulsionante en las mismas condiciones de relación de baño, tiempo y temperatura. Basándose en la metodología de Liqiang Tian (2011).

TINTURA

Se calculó para el proceso de tintura concentraciones equimolares de colorante y los líquidos iónicos correspondiente al 1% spm al momento de encontrarse en el medio acuoso con la fibra celulósica, obteniéndose los siguientes resultados:(Rojo Disperso 13 = 348.78 g/mol, STXMA= 359.59 g/mol, TTXMA 508.59 g/mol y ATEMA 336.30 g/mol

En una primera instancia se diseñó el proceso experimental con una concentración de 1 % de colorante disperso debido a que se busca comparar el uso de los líquidos iónicos en condiciones iguales a los procesos de tintura comerciales, manteniendo como constantes la cantidad de agua de ionizada (100 ml), la cantidad de dispersante (1 g/L), el pH (5), el tiempo de tintura 30 min y la temperatura variable.

Se determinó que a una concentración de 1.0 % la uniformidad del color puede ser mejor. El proceso de tintura se aplicó en 7 diferentes diseños experimentales A-1 al A-7, que se describen en la tabla 1, esto con el fin de evaluar diferentes variables de proceso de acuerdo a la afinidad del colorante por la fibra con auxiliar, sin auxiliar, con líquido iónico aplicado por impregnación y por proceso tradicional.

EVALUACIÓN DE CANTIDAD DE COLOR FIJADO

En lo referente a la cantidad de color fijado por el tejido se realizaron mediciones con el colorímetro de reflectancia CR-400 de Konica Minolta. Se colocó el colorímetro sobre el tejido en el sentido del pie (hilos) realizando un disparo, se toma la lectura de

medición, anotando los parámetros de L, a, b, así como de % reflectancia, posteriormente se mueve el aparato ahora en el sentido de la trama(pasadas) y se repite la operación. Estas dos operaciones se repiten en ambos sentidos del tejido para posteriormente establecer un promedio de las lecturas obtenidas.

EVALUACIÓN DE PRESENCIAS DE COLORANTES EN SOLUCIONES ACUOSAS.

Para determinar las partes ppm de colorantes en las diferentes etapas del proceso se realizaron mediciones con el Espectrofotómetro de UV Visible Perkin-Elmer Lambda Bio 20, de características 100-240 voltios, 50/60 Hz, 3.15 A. En el caso de los residuales de tintura se llevan a dilución solo una vez tomando 1 mL del residual y mezclándolo con 10 mL de agua de ionizada, para su posterior medición, en el caso de los residuales de enjuague, así como los residuales del proceso de lavado para determinar la solidez se midieron de forma directa, sin dilución. Para determinar la cantidad de colorante que absorbió y fijó cada proceso, se realizó por la medición de la concentración inicial de los mg/L, posteriormente se restaron las concentraciones de la sumatoria del residual de tintura, el residual de enjuague y el residual de lavado y así tener la concentración del colorante retenido por el tejido en cada variante aplicada. Los resultados obtenidos se encuentran en las tablas 3,4 y 5.

EVALUACIÓN DE SOLIDEZ DEL COLOR AL LAVADO Y FROTE.

En el caso de la AATCC Test Method 61-2007 Colorfastness to Laundering: Accelerated, se aplicó para evaluar la solidez del color a los textiles que serán susceptibles de lavados constantes. La pérdida de color en el tejido así, como la transferencia, a multifibras se evalúa mediante la escala de

Experimento	Baño de tintura 80°C mg/L	Residual de tintura 80°C mg/L	Residual de lavado 80°C mg/L	Baño inicial tintura 80°C mg/L	Tintura de color absorbido 80°C mg/L	% de color difundido
TN-1	9146,67	6134,67	1378	67290	1634	17,86
TN-2 TTXMA-A	10290	272,03	278,87	67290	9739,1	94,65
TN-3 STXMA -A	8817,67	307,5	291,1	67290	8219,07	93,21
TN-4 ATEMA-A	9100	5964	1162,67	67290	1973,33	21,68
TN-5 TTXMA-I	8715	259,93	284,96	67290	8170,11	93,75
TN-6 STXMA-I	9452,33	268,16	425,67	67290	8758,5	92,66
TN-7 ATEMA-I	8759,33	5995	1137	67290	1627,33	18,58

Tabla 3 Evaluación de colorante residual a 80°C, procesos A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7

Experimento	Baño de tintura 90°C mg/L	Residual de tintura 90°C mg/L	Residual de lavado 90°C mg/L	Baño inicial tintura 90°C mg/L	Tintura de color absorbido 90°C mg/L	% de color difundido
TN-1	7352,33	4033,07	512,8	62100	2806,46	38,17
TN-2 TTXMA-A	6211,8	304,67	170,93	62100	5736,2	92,34
TN-3 STXMA -A	6212,73	299,43	194,4	62100	5718,9	92,05
TN-4 ATEMA-A	7511	3935	782,43	62100	2793,57	37,19
TN-5 TTXMA-I	7557,67	327,73	178,57	62100	7051,37	93,30
TN-6 STXMA-I	7373,33	316,07	207,43	62100	6849,83	92,90
TN-7 ATEMA-I	7317,33	3584	685,1	62100	3048,23	41,66

Tabla 4 Evaluación de colorante residual a 90°C, procesos A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7

Experimento	Baño de tintura 100°C mg/L	Residual de tintura 100°C mg/L	Residual de lavado 100°C mg/L	Baño inicial tintura 100°C mg/L	Tintura de color absorbido 100°C mg/L	% de color difundido
TN-1	7977,67	3036,2	480,17	77160	4461,3	55,92
TN-2 TTXMA-A	9541	3172,67	443,2	77160	5925,13	62,10
TN-3 STXMA -A	9566,67	2611,33	526,27	77160	6429,07	67,20
TN-4 ATEMA-A	9655,33	3055,33	409,83	77160	6190,17	64,11
TN-5 TTXMA-I	5977,07	88,23	62,83	77160	5826,01	97,47
TN-6 STXMA-I	6576,5	96,57	73,67	77160	6406,26	97,41
TN-7 ATEMA-I	7065,33	1237,33	417,13	77160	5410,87	76,58

Tabla 5 Evaluación de colorante residual a 100°C, procesos A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7



Fig. 6 TN-1, TTXMA, STXMA, Fig. 7 TN-1, TTXMA, STXMA, Fig. 8 TN-1, TTXMA, STXMA, ATEMA 80°C ATEMA 90°C ATEMA 100°C

grises para manchado de color AATCC Evaluation Procedure 1-2007 para manchado y AATCC Evaluation Procedure 2-2007 para transferencia de color, según la escala de 1 a 5 donde escala 5 representa ningún color transferido al testigo y la 1 mayor cantidad de color transferido.

COMENTARIOS FINALES

RESUMEN DE RESULTADOS

De acuerdo a los valores obtenidos en los diferentes experimentos observamos que el uso de líquidos iónicos de catión más hidrófobo, así como anión más hidrófilo aumentan una difusión del colorante disperso dentro de la fibra, lo que nos indica la gráfica 1, de tal forma que el líquido iónico modifica las zonas cristalinas del polímero textil, permitiendo el paso de las partículas del colorante hacia dentro de la fibra, esto lo logra por medio de las atracciones ion-dipolo existentes entre los cationes y aniones con los grupos funcionales carbonilos del polímero.

De acuerdo a los valores obtenidos en la figura 12 podemos observar primeramente el comportamiento del colorante rojo disperso 13 por aumento de la temperatura su porcentaje oscila del 17.9 al 55.9 % de menor a mayor rango, indicando que, en el aumento, el colorante agota más, pero solo hasta el 60 %. Los STXMA y TTXMA en proceso por impregnación mostraron altos niveles de agotamiento, pero con una apariencia menos uniforme. El ATEMA presenta un comportamiento similar a la tintura normal. Los STXMA y TTXMA en proceso por agotamiento tienen un máximo de agotamiento cercano al 95-98 % en el rango de 80 - 90°C, comparándolo con la tintura normal a esa misma temperatura la eficiencia sobrepasa los valores aun con una temperatura más alta de casi el doble, además que presenta una mayor uniformidad en la apariencia del teñido.

CONCLUSIONES

Esta línea de investigación abre un panorama importante, en la forma en cómo se realiza la tintura de la fibra de poliéster con líquidos iónicos. Los líquidos iónicos presentan una reacción similar al uso de carrier y temperatura, pero con mayor eficiencia y menor impacto ambiental al ser biodegradables. Los líquidos iónicos, presentan afinidad por la fibra y modifican la estructura cristalina, sin la adición de auxiliar o el cambio de niveles de pH, y dependiendo del largo de las cadenas alifáticas hidrofóbicas, influyen en el grado de difusión del colorante. Los resultados presentan una gran oportunidad también al bajar el consumo energético durante la tintura, tradicionalmente se realiza en rangos de 120 a 130 °C, y en la experimentación presento una reducción del 65 al 75 % de consumo. De acuerdo a esto concluimos:

1. Experimentar con otros líquidos iónicos, que posean cadenas hidrofóbicas más largas y aniones más hidrofóbicos para medir el comportamiento de la difusión del colorante disperso.
2. El STXMA y TTXMA en proceso por agotamiento presentan valores cercanos al 95-98% con uniformidad de tintura a temperaturas entre los 80-90 °C, en comparación con la tintura normal que ocurre arriba de los 100 °C demuestra una eficiencia muy alta.
3. El STXMA y TTXMA en proceso por impregnación obtuvieron valores entre el 95 al 98 %, pero con baja uniformidad de tintura, esto debido a su previa deformación de la estructura cristalina del poliéster, descartando su aplicación por este método.
4. El ATEMA al presentar una estructura de cadena hidrofóbica-hidrocarbonada más corta, no ejerce una apertura de la

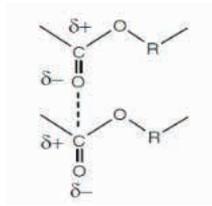


Fig. 9 Enlaces sigma del poliéster

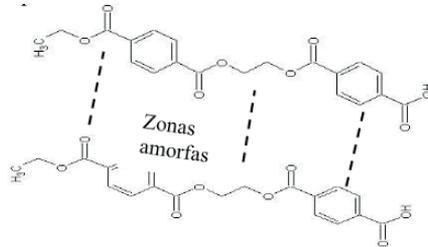


Fig. 10 Formación cristalina del poliéster

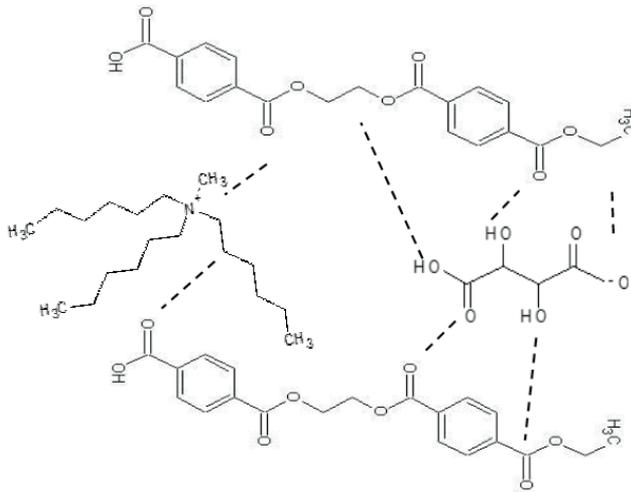


Fig. 11 Interacciones entre catión-anión y el polímero

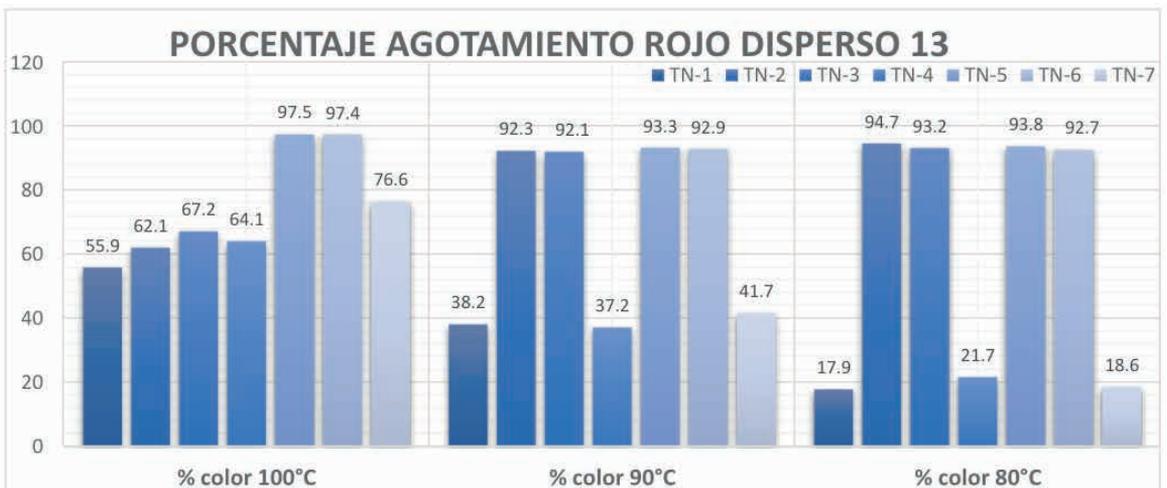


Figura 12. Agotamiento colorante rojo disperso VS temperatura

fibra, debido a ello el comportamiento de la difusión del colorante disperso en la fibra de poliéster es muy similar a la tintura normal.

5. El uso de líquidos iónicos en concentración equimolar con el colorante promueve una mayor difusión del colorante a temperaturas menores de la tintura normal, logrando con ello un agotamiento del 98 % del colorante sin necesidad de someter a la fibra a altas temperatura, logrando con ello un ahorro del 69 % en energía

6. El uso de líquidos iónicos durante la tintura aumentó la difusión y fijación

de colorantes en 56 % a una menor temperatura, los residuales del proceso de tintura serán más sustentables al tener menos productos químicos y el líquido iónico utilizado al ser biodegradable.

RECOMENDACIONES

Los investigadores interesados en continuar nuestra investigación podrían concentrarse en el factor selección de líquido iónico y su influencia en la estructura cristalina del polímero textil, con el fin de observar y medir el comportamiento de los diferentes tamaños moleculares de los colorantes.

REFERENCIAS

AATCC, Test Method 61-2007 Colorfastness to Laundering: Accelerated, *American Association of Textile Chemists and Colorists*(2007)

AATCC Evaluation Procedure 1-2007, *American Association of Textile Chemists and Colorists*(2007)

AATCC Evaluation Procedure 2-2007, *American Association of Textile Chemists and Colorists*(2007)

Bianchini,Roberto Ionic Liquids Can Significantly Improve Textile Dyeing: An Innovative Application Assuring Economic and Environmental Benefits, 2303-2308, <http://dx.doi.org/10.1021/acssuschemeng.5b00578>

Castillo, J. Extraction of reactive dyes from aqueous solutions by halogen-free ionic liquids, 417-418 [https:// DOI: 10.1111/cote.12429](https://doi.org/10.1111/cote.12429), 2019.

DyeCoo Textile Systems B.V., 2010. CO 2 Dyeing Gets Commercial Rollout, *Available from: http://www.dyecoo.com/pdfs/DyeCoo-stroy.pdf* (accessed May 18), 2019.

Gao, D.; Yang, D. Cui, H.; Huang, T. Lin J. Supercritical carbon dioxide dyeing for PET and cotton fabric with synthesized dyes by a modified apparatus, *ACS Sustainable Chem. Eng.*, 2015.

Moore, S. B.; Ausley, L. W. Systems thinking and green chemistry in the textile industry: concepts, technologies and benefits, *J.Cleaner Prod.* 2004.

Stasiewicz, M., Mulkiewicz, E., Tomczak-Wandzel, R., Kumirska, J., Siedlecka, E.M., Gołe biowski, M., Gajdus, J., Czerwicka, M., Stepnowski, P., Assessing toxicity and biodegradation of novel, environmentally benign ionic liquids (1-alkoxymethyl-3-hydroxypyridinium chlorides, saccharinates and acesulfamates on cellular and molecular level, *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 71, 157e165, 2008.

Valdez Vergara, María Antonieta and et al. "The removal of heavy metal cations from an aqueous solution using ionic liquids", *Canadian Journal of Chemical Engineering* 2014 92(11) 1875-1883, <https://doi.org/10.1002/cjce-22053>,2014.

Wasserscheid, P.; Welton, T. *Ionic Liquids in Synthesis, 2nd ed*; Wiley-VCH: Weinheim, Germany, 2008.

Wei-Fang, Su *Principles of Polymer Design and Synthesis*, Springer 2013 ISBN 978-3-642-38729-6

Welton, T. Room-temperature ionic liquids. Solvents for synthesis and catalysis, *Chem. Rev.* 99, 2071e2084, 1999.