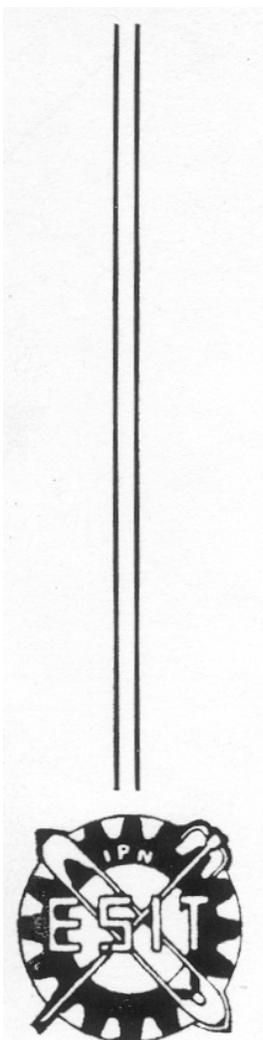




INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA TEXTIL

**“EFECTO DETERSIVO DE LOS COMPONENTES
DEL DETERGENTE ECOLÓGICO EN EL
LAVADO DEL ALGODÓN SIN TEÑIR Y
SU EFECTO EN LA TRANSFERENCIA
DE COLORANTE DEL ALGODÓN
TEÑIDO”**



T E S I S
QUE PARA OPTAR AL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN INGENIERÍA TEXTIL
P R E S E N T A:
ING. LIZBETH ALEJANDRA ROMERO PÉREZ



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Terrassa

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA



**“EFECTO DETERATIVO DE LOS COMPONENTES DEL
DETERGENTE ECOLÓGICO EN EL LAVADO DEL
ALGODÓN SIN TEÑIR Y SU EFECTO EN LA
TRANSFERENCIA DE COLORANTE DEL
ALGODÓN TEÑIDO”**

Director: Prof. Dr. Francisco Javier Carrión Fité



Junio 2005



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

CARTA DE CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de México, D. F. el día 10 del mes marzo del año 2005, el (la) que suscribe alumno(a) Romero Pérez Lizbeth Alejandra del Programa de Maestría en Ciencias de la Ingeniería Textil con número de registro BQ31328 adscrito a la SEPI-ESIT, manifiesta que es autor(a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de Dr. Xavier Carrón Fité y cede los derechos del trabajo intitulado Efecto deterensivo de los componentes del detergente ecológico en el lavado del algodón sin teñir y su efecto en la transferencia de colorante del algodón teñido al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección aletextil@hotmail.com Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


Lizbeth Alejandra Romero

Nombre y firma



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la ciudad de México siendo las 11:00 horas del día 10 del mes de
 Marzo del 2005 Se reunieron los miembros de la Comisión Revisadora de
 Tesis designada por el Colegio de Profesoras de Estudios de Posgrado e Investigación de: ESIT
 Para examinar la tesis de grado titulada:
Efecto detergente de los componentes del detergente ecológico en el lavado del algodón sin teñir
Y su efecto en la transferencia de colorante del algodón teñido

Presentada por el alumno:

Romero Pérez Lizbeth Alejandra
 Apellido paterno materna nombre(s)

Con registro **B 0 3 1 3 2 8**

Aspirante al grado de: Maestría en Ciencias en Ingeniería Textil

Después de intercambiar opiniones los miembros de la comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISADORA

Director de Tesis

Dr. Ing. Francisco Javier Carrión
Fité

Co-Director de Tesis

Dra. Ing. Ana María Islas Cortés

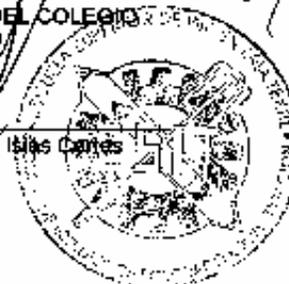
Dr. Ing. Ana R. Naik Kerdile

M. en C. Norberto Galicia Aguilar

Dr. Ing. Gabriel Guillén Buendía

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

Dra. Ing. Ana María Islas Cortés



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Jehová mi Dios por la inmensidad de sus misericordias, porque sus promesas me levantan cuando desfallezco, por poner perfección en mi camino y ser la luz que lo ilumina.

Al Dr. J. Carrión Fité por compartir conmigo su valioso tiempo y su gran sabiduría y experiencia.

A Maise, Lili y Rocío por su paciencia y colaboración en la realización de éste trabajo, pero sobretodo por hacerme sentir como en casa, por sus consejos y por compartir conmigo momentos de alegría, tristeza y desesperación.

Al Laboratorio de Tensioactivos y Detergencia del INTEXTER por las facilidades otorgadas para la realización de éste trabajo.

A mis queridos hermanos Ricky, Gina y Carlitos porque sé que éste tiempo fue una eternidad, siempre los llevo en mi corazón..... fueron mi aliento.

A mi madre, mi mejor amiga y mi inspiración. Nunca podría pagarte lo que has hecho por mí. Te admiro, te amo y anhelo volver a estar contigo para jamás separarlos

A mi padre por sus sabios consejos, por creer en mi y ayudarme a recorrer este camino tan difícil.

A mi amigo eterno Ing. Miguel A. Rivas, por su gran apoyo y compartir momentos difíciles a lo largo de nuestra amistad.

A la banda chonil por ser como mi familia.

A la Dra. Bertha Villanueva por creer en mí y por la ayuda otorgada para mi estancia en Catalunya .

Al Instituto Politécnico Nacional por las facilidades otorgadas para esta estancia y la realización del proyecto.

Al Dr. Luis Humberto Fabila Castillo y Maestro Eduardo Meza Olvera, Coordinador General de Posgrado e Investigación y Coordinador General de Vinculación del Instituto Politécnico Nacional por las facilidades otorgadas para la estancia que realicé.

Así como a la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería Textil.

A la Dra. Ana María Islas Cortés y Dr. Gabriel Guillén por alentarnos siempre a querer ser mejores como personas y profesionistas, gracias por su tiempo y dedicación.

El presente trabajo se deriva del proyecto CGPI 2004086.

Liz.

INDICE

	Página
1. RELACIÓN DE TABLAS Y FIGURAS	10
2. RESUMEN	17
3. ABSTRACT	18
4. INTRODUCCIÓN	19
5. ANTECEDENTES	20
5.1 Definición del algodón	20
5.1.1 Composición	20
5.1.2 Estructura	20
5.1.3 Propiedades físicas	21
5.1.4 Propiedades químicas	21
5.1.5 Propiedades textiles	22
5.2 Colorantes directos	22
5.2.1 Estructura	22
5.2.2 Propiedades	23
5.2.3 Acción de la temperatura, electrolitos, pH y otros parámetros	24
5.2.3.1 Temperatura	24
5.2.3.2 Electrolitos	24
5.2.3.3 pH	24
5.2.3.4 Relación de baño y agitación	25
5.2.4 Aplicación de los colorantes directos sobre el algodón	25
5.2.5 Tratamientos posteriores	26
5.3 Colorimetría	27
5.3.1 Percepción del color	27
5.3.2 Luz, materia y color	30
5.3.2.1 Naturaleza del color	30
5.3.2.2 Comportamiento de la luz	31
5.3.2.3 Interacción de la luz con la materia	34
5.3.2.4 Medida de la transmisión	34
5.3.2.5 Medida de reflexión	35
5.3.2.6 Curvas de remisión	36
5.3.3 Medida de espacios de color	36
5.3.4 Valores triestímulo	36
5.3.5 Coordenadas de cromaticidad	37
5.3.6 Espacio de color CIELAB	38
5.3.7 Aparatos de medida de color	41
5.3.7.1 Portaprobetas	42

5.3.7.2	Sistema discriminador de longitudes de onda	42
5.3.7.3	Detector	42
5.3.7.4	Espectrofotómetro	42
5.3.8	Proceso de medida	42
5.4	Tensioactivos	43
5.4.1	Estructura de las moléculas tensioactivas	43
5.4.2	Propiedades fisico-químicas de las disoluciones de tensioactivos	44
5.4.2.1	Tensión superficial	44
5.4.2.2	Humectabilidad	44
5.4.2.3	Espumación	44
5.4.3	Descripción de las principales familias de tensioactivos	44
5.4.3.1	Tensioactivos aniónicos	45
5.4.3.2	Tensioactivos catiónicos	48
5.4.3.3	Tensioactivos anfóteros	49
5.4.3.4	Tensioactivos no iónicos	50
5.4.4	Aplicación de los tensioactivos	53
5.5	Detergencia	55
5.5.1	Eliminación de suciedades sólidas	57
5.5.2	Eliminación de suciedades líquidas	57
5.5.3	Mecanismos para evitar la redeposición	58
5.5.4	Principales ingredientes de los detergentes	59
5.5.5	Los detergentes y el medio ambiente	60
5.5.6	Biodegradabilidad de tensioactivos	62
5.5.7	Parámetros indicativos	62
6.	JUSTIFICACIÓN	65
7.	OBJETIVO	66
8.	PARTE EXPERIMENTAL	67
8.1	Materiales. Características de los tejidos utilizados	67
81.1	Algodón	67
81.2	Multifibra Style 42	67
8.2	Productos	67
82.1	Colorantes	67
82.2	Sales	67
8.3	Productos componentes del lavado	68
8.4	Equipo utilizado	69
8.4.1	Tin control	69
8.4.2	Espectrofotómetro	69
8.4.3	Colorímetro	69
8.4.4	Launder o meter	70

8.4.5	Microscopio electrónico	70
8.5	Métodos operativos	70
8.5.1	Lavado previo del algodón	70
8.5.2	Tintura	71
8.5.3	Fijación	71
8.6	Rectas de calibración	71
9.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	75
9.1	Variación de color en función de sus ingredientes	75
9.2	Medición de la diferencia de color	81
9.3	Eficiencia detergente	112
9.4	Blancuras y redeposición	116
9.5	Aspecto microscópico del tejido de algodón manchado	121
10.	CONCLUSIONES	125
11.	SUGERENCIA PARA FUTUROS TRABAJOS	127
12.	BIBLIOGRAFIA	128

1. RELACIÓN DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1.	Relación concentración/absorbancia del colorante Rojo Sirius
Tabla 2.	Relación concentración/absorbancia del colorante Sirius Royal Blue
Tabla 3.	Relación concentración/absorbancia del colorante Anaranjado Sirius
Tabla 4.	Degradación del colorante Rojo Sirius, Sirius Royal Blue y Anaranjado Sirius en función de la concentración y el tiempo
Tabla 5.	Degradación del colorante Rojo Sirius, Sirius Royal Blue y Anaranjado Sirius en función de la concentración y el tiempo
Tabla 6.	Degradación del colorante Rojo Sirius, Sirius Royal Blue y Anaranjado Sirius en función de la concentración y el tiempo
Tabla 7.	Degradación del colorante Rojo Sirius en función de la concentración y el tiempo
Tabla 8.	Degradación del colorante Rojo Sirius, Sirius Royal Blue y Anaranjado Sirius en función de la concentración y el tiempo
Tabla 9.	Degradación del colorante Rojo Sirius, Sirius Royal Blue y Anaranjado Sirius en función de la concentración y el tiempo
Tabla 10.	Resultados de la diferencia de color entre una muestra teñida y una blanca antes y después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente A
Tabla 11.	Resultados de la diferencia de color entre una muestra teñida y una blanca antes y después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente B
Tabla 12.	Resultados de la diferencia de color entre una muestra teñida y una blanca antes y después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente C
Tabla 13.	Resultados de la diferencia de color entre una muestra teñida y una blanca antes y después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente D
Tabla 14.	Resultados de la diferencia de color entre una muestra teñida y una blanca antes y después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente E, F y G
Tabla 15.	Resultados de la diferencia de color entre una muestra teñida y una blanca antes y después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente H
Tabla 16.	Resultados de la diferencia de color entre una muestra teñida y una blanca antes y después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente I
Tabla 17.	Influencia detergente en una mancha de café sobre tejido de algodón utilizando las fórmulas detergentes B, D, I y H
Tabla 18.	Influencia detergente en una mancha de vino tinto sobre tejido de algodón utilizando las fórmulas detergentes B, D, I y H
Tabla 19.	Influencia detergente en una mancha de zumo de frutas del bosque sobre tejido de algodón utilizando las fórmulas detergentes B, D, I y H
Tabla 20.	Influencia detergente en una mancha de ácido oléico sobre tejido de algodón utilizando las fórmulas detergentes B, D, I y H

- Tabla 21. Diferencia de blancura de una muestra de algodón manchada con café antes y después de un lavado a 30° C con las fórmulas detergentes B, D, I y H
- Tabla 22. Diferencia de blancura de una muestra de algodón manchada con vino tinto antes y después de un lavado a 30°C con las fórmulas detergentes B, D, I y H
- Tabla 23. Diferencia de blancura de una muestra de algodón manchada con zumo de frutas del bosque antes y después de un lavado a 30°C con las fórmulas detergentes B, D, I y H
- Tabla 24. Diferencia de blancura de una muestra de algodón manchada con ácido oléico antes y después de un lavado a 30°C con las fórmulas detergentes B, D, I y H
-
- Figura 1. Observador Standard Suplementario 2° y 10°
- Figura 2. Funciones colorimétricas
- Figura 3. Espectro
- Figura 4. Longitud de onda de la luz incidente y del sustrato en la cual incide
- Figura 5. Diagrama de cromaticidad
- Figura 6. Diagrama de cromaticidad
- Figura 7. Espacio de color CIELAB
- Figura 8. Campos de aplicación de los tensioactivos
- Figura 9. Elementos esenciales de la detergencia
- Figura 10. Fuerzas de Van Der Waals
- Figura 11. Gota de aceite rodeada por una fase acuosa, sobre un soporte sólido
- Figura 12. Componentes de un detergente
- Figura 13. Absorbancia y concentración del colorante Rojo Sirius
- Figura 14. Absorbancia y concentración del colorante Anaranjado Sirius
- Figura 15. Absorbancia y concentración del colorante Sirius Royal Blue
- Figura 16. Concentración en función del tiempo del colorante Rojo Sirius, Anaranjado Sirius y Sirius Royal Blue con 24 g/l de Perborato Sódico y 1.8 g/l de Mykon
- Figura 17. Concentración en función del tiempo del colorante Rojo Sirius, Anaranjado Sirius y Sirius Royal Blue con 12 g/l de Perborato Sódico y 0.9 g/l de Mykon
- Figura 18. Concentración en función del tiempo del colorante Rojo Sirius, Anaranjado Sirius y Sirius Royal Blue con 12 g/l de Percarbonato Sódico y 0.9 g/l de Mykon
- Figura 19. Concentración en función del tiempo del colorante Rojo Sirius con 24 g/l de Percarbonato Sódico y 1.8 g/l de Mykon
- Figura 20. Concentración en función del tiempo del colorante Rojo Sirius, Anaranjado Sirius y Sirius Royal Blue con 12 g/l de Percarbonato Sódico, 0.9 g/l de Mykon y 80 mg/l de Baysolex
- Figura 21. Concentración en función del tiempo del colorante Rojo Sirius, Anaranjado Sirius y Sirius Royal Blue con 24 g/l de Perborato Sódico y 1.8 g/l de Mykon y 160 mg/l de Baysolex

- Figura 22. Diferencia de color del colorante Rojo Sirius en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente A y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 23. Diferencia de color del colorante Sirius Royal Blue en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente A y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 24. Diferencia de color del colorante Anaranjado Sirius en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente A y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 25. Diferencia de color del colorante Rojo Sirius en tejido multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente A y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 26. Diferencia de color del colorante Sirius Royal Blue en tejido multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente A y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 27. Diferencia de color del colorante Anaranjado Sirius en tejido multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente A y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 28. Diferencia de color del colorante Rojo Sirius en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente B y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 29. Diferencia de color del colorante Sirius Royal Blue en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente B y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 30. Diferencia de color del colorante Anaranjado Sirius en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente B y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 31. Diferencia de color del colorante Rojo Sirius en tejido multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente B y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 32. Diferencia de color del colorante Sirius Royal Blue en tejido multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente B y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 33. Diferencia de color del colorante Anaranjado Sirius en tejido multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente B y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares

- Figura 34. Diferencia de color del colorante Rojo Sirius en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente C y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 35. Diferencia de color del colorante Sirius Royal Blue en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente C y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 36. Diferencia de color del colorante Anaranjado Sirius en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente C y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 37. Diferencia de color del colorante Rojo Sirius en tejido multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente C y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 38. Diferencia de color del colorante Sirius Royal Blue en tejido multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente C y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 39. Diferencia de color del colorante Anaranjado Sirius en tejido multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente C y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 40. Diferencia de color del colorante Rojo Sirius en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente D y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 41. Diferencia de color del colorante Sirius Royal Blue en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente D y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 42. Diferencia de color del colorante Anaranjado Sirius en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente D y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 43. Diferencia de color del colorante Rojo Sirius en tejido multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente D y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 44. Diferencia de color del colorante Sirius Royal Blue en tejido multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente D y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 45. Diferencia de color del colorante Anaranjado Sirius en tejido multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente D y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares

- Figura 46. Diferencia de color del colorante Rojo Sirius en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente E y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 47. Diferencia de color del colorante Rojo Sirius en tejido multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente E y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 48. Diferencia de color del colorante Rojo Sirius en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente F y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 49. Diferencia de color del colorante Rojo Sirius en tejido multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente F y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 50. Diferencia de color del colorante Rojo Sirius en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente G y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 51. Diferencia de color del colorante Rojo Sirius en tejido multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente G y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares
- Figura 52. Diferencia de color del colorante Rojo Sirius en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente H y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Glucopón) a distintas proporciones molares
- Figura 53. Diferencia de color del colorante Sirius Royal Blue en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente H y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Glucopón) a distintas proporciones molares
- Figura 54. Diferencia de color del colorante Anaranjado Sirius en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente H y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Glucopón) a distintas proporciones molares
- Figura 55. Diferencia de color del colorante Rojo Sirius en tejido multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente H y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Glucopón) a distintas proporciones molares
- Figura 56. Diferencia de color del colorante Sirius Royal Blue en tejido multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente H y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Glucopón) a distintas proporciones molares
- Figura 57. Diferencia de color del colorante Anaranjado Sirius en tejido multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente H y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Glucopón) a distintas proporciones molares

- Figura 58. Diferencia de color del colorante Rojo Sirius en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente I y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Glucopón) a distintas proporciones molares
- Figura 59. Diferencia de color del colorante Sirius Royal Blue en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente I y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Glucopón) a distintas proporciones molares
- Figura 60. Diferencia de color del colorante Anaranjado Sirius en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente I y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Glucopón) a distintas proporciones molares
- Figura 61. Diferencia de color del colorante Rojo Sirius en tejido multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente I y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Glucopón) a distintas proporciones molares
- Figura 62. Diferencia de color del colorante Sirius Royal Blue en tejido multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente I y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Glucopón) a distintas proporciones molares
- Figura 63. Diferencia de color del colorante Anaranjado Sirius en tejido multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente I y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Glucopón) a distintas proporciones molares
- Figura 64. Eficiencia detergente después de un lavado a 30°C con las fórmulas detergentes D, B, I y H de una muestra de algodón manchada con café y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic/Glucopón) a distintas proporciones molares
- Figura 65. Eficiencia detergente después de un lavado a 30°C con las fórmulas detergentes D, B, I y H de una muestra de algodón manchada con vino tinto y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic/Glucopón) a distintas proporciones molares
- Figura 66. Eficiencia detergente después de un lavado a 30°C con las fórmulas detergentes D, B, I y H de una muestra de algodón manchada con zumo de frutas del bosque y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic/Glucopón) a distintas proporciones molares
- Figura 67. Eficiencia detergente después de un lavado a 30°C con las fórmulas detergentes D, B, I y H de una muestra de algodón manchada con ácido oléico y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic/Glucopón) a distintas proporciones molares
- Figura 68. Comparación de blancura entre una muestra de algodón sin lavar y una muestra lavada a 30°C con las fórmulas detergentes D, B, I y H y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic/Glucopón) a distintas proporciones molares en una mancha de café

- Figura 69. Comparación de blancura entre una muestra de algodón sin lavar y una muestra lavada a 30°C con las fórmulas detergentes D, B, I y H y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic/Glucopón) a distintas proporciones molares en una mancha de vino tinto
- Figura 70. Comparación de blancura entre una muestra de algodón sin lavar y una muestra lavada a 30°C con las fórmulas detergentes D, B, I y H y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic/Glucopón) a distintas proporciones molares en una mancha de zumo de frutas del bosque
- Figura 71. Comparación de blancura entre una muestra de algodón sin lavar y una muestra lavada a 30°C con las fórmulas detergentes D, B, I y H y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic/Glucopón) a distintas proporciones molares en una mancha de ácido oleico
- Figura 72. Vista microscópica de un tejido de algodón limpio
- Figura 73. Vista microscópica de un tejido de algodón manchado con café
- Figura 74. Vista microscópica de un tejido de algodón limpio
- Figura 75. Vista microscópica de un tejido de algodón manchado con vino tinto
- Figura 76. Vista microscópica de un tejido de algodón limpio
- Figura 77A. Vista microscópica de un tejido de algodón manchado con zumo de frutas del bosque
- Figura 77B. Vista microscópica de un tejido de algodón manchado con zumo de frutas del bosque
- Figura 78. Vista microscópica de un tejido de algodón limpio
- Figura 78A. Vista microscópica de un tejido de algodón manchado con ácido oleico
- Figura 78B. Vista microscópica de un tejido de algodón manchado con ácido oleico

2. RESUMEN

“EFECTO DETERSIVO DE LOS COMPONENTES DEL DETERGENTE ECOLÓGICO EN EL LAVADO DEL ALGODÓN SIN TEÑIR Y SU EFECTO EN LA TRANSFERENCIA DE COLORANTE DEL ALGODÓN TEÑIDO

En este estudio las diferencias de color (D.E.) son las referencias más importantes a la hora de evaluar las solidez de los colorantes en los lavados para medir el grado de migración del colorante, desde el tejido teñido al tejido blanco testimonio. Por tanto, el estudio se fundamenta en los valores de las diferencias de color (D.E.) para establecer relaciones comparativas a nivel de sustratos, fórmulas y colorantes, y determinar el resultado más significativo sobre la formulación detergente eficiente, así como la manera de evitar la migración del colorante de un tejido a otro. El estudio se complementa con otras referencias numéricas, como las curvas de remisión que informan de posibles cambios de matiz, etc⁽⁸⁾. Para la degradación del colorante se utilizaron productos detergentes y productos blanqueantes con el fin de determinar la influencia de éstos sobre una muestra de algodón teñida y no teñida así como su eficiencia. Se han hecho lavados con distintas fórmulas detergentes, utilizando en cada una de ellas agentes blanqueantes como percarbonato sódico y Mykon variando los componentes de las fórmulas detergentes.

3. ABSTRACT

In this study the color differences (D.E) are the most important references at evaluating the solidity of the colorant in the washings to measure the level of migration of this colorant from the dyed fabric to the white fabric. Therefore this study is based on the values to establish comparative relations at the level of formulas, colorants and samples and to determine the most meaningful result about the efficient detergent formulation as such as the way to avoid the colorant migration from one fabric to other one. This study is complemented with another numerical references, such as the remittance curves which inform about possible changes of shade to that colorant degradation there were used detergent products and whiting products in order to determine the influence of this products on a dyed cotton sample and in an not dyed one as well as its efficient there have been done several washings with different detergent formulas, using for each of them whiting agents as Sodium Percarbonat and Mykon varying the components of the detergent formulas.

4. INTRODUCCION

Durante el paso del tiempo las investigaciones sobre detergentes han evolucionado favorablemente, se ha tratado de conseguir su máxima eficiencia con un mínimo costo para su producción.

Las prendas más comunes a nivel doméstico están constituidas principalmente por algodón y poliéster, por lo cual se realiza un énfasis en ellas, teniendo en cuenta que son teñidas con colorantes acordes a sus cadenas moleculares.

Para este tipo de investigaciones hemos recurrido a los productos tensioactivos, como compuestos que se aplican muy extensamente en distintas actividades tanto domésticas como industriales, siendo los detergentes los que contienen los tensioactivos de más amplio uso de tipo doméstico; por tal motivo se describen los principales fenómenos implicados en la detergencia, así como distintos tipos de formulaciones y pruebas realizadas para la evaluación de las eficiencias deterativas de estas fórmulas.

Para la evaluación de la detergencia se han realizado pruebas reales en artículos de algodón para evaluar la eficiencia deterativa y diferencia de color, tomando la fórmula de mejor eficiencia para ajustar la más adecuada a las necesidades requeridas en el mercado.

La aplicación en la práctica industrial de los agentes tensioactivos con actividad superficial se remonta, aproximadamente, a mediados de siglo. Y en la actualidad existe un gran número de ellos en el mercado con fórmulas y aplicaciones muy diferentes.

Gracias a los progresos efectuados en el estudio de los fenómenos que se manifiestan en la superficie de los cuerpos, a los avances de la química de los cuerpos grasos y a las exigencias industriales, las grandes empresas transformadoras de materias grasas, han fabricado dichos productos, conocidos bajo diversos nombres: agentes con actividad superficial, cuerpos tensioactivos, o más precisas ya, de: humectantes, espumantes, detergentes, dispersantes, emulsiones, etc.

5. ANTECEDENTES

5.1 Definición del algodón

El algodón es una fibra que procede de las semillas del algodónero llamado *Gossypium*. La semilla brota unos días después de la siembra y la floración se presenta después de unos tres meses. La flor se desprende y el capullo empieza a crecer. Este adquiere su tamaño definitivo en unas tres semanas y se abre alrededor de cincuenta días después de su floración. Dentro del capullo se encuentran las semillas, en las cuales se desarrollan las fibras antes de que se abra. De la semilla emergen fibras largas, en tanto que otras más cortas (3 mm) la recubren a modo de vello. La celulosa es un polisacárido de fórmula empírica $C_6H_{10}O_5$ y constituye el componente principal de la membrana celular de la mayor parte de las plantas. No se encuentra nunca en estado puro pero en el algodón alcanza un 90% en peso, siendo esta fibra la fuente más pura de celulosa⁽⁹⁾.

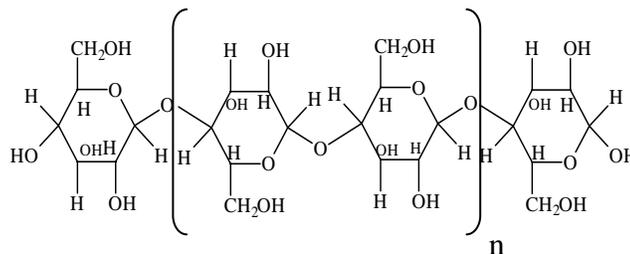
5.1.1 Composición

La fibra de algodón se puede describir como un tubo ligeramente aplastado, con una pequeña torsión natural aparente, con un canal interior que varía de tamaño según la procedencia y madurez del algodón. En vista cortada, la fibra presenta un canal central rodeado de celulosa; cuando el algodón es seco, el canal se deforma y se extiende. El algodón está constituido por:

- celulosa 87%
- agua 8%
- cenizas
- prótidos
- ceras y pectinas

5.1.2 Estructura

Estas fibras se componen de cadenas de por lo menos 100 hasta probablemente 500 unidades ordenadas según se muestra a continuación:



5.1.3 Propiedades físicas

- Longitudes de las fibras:
 - algodón de baja calidad 15 a 20 mm (China, India).
 - algodón medio 20 a 50 mm.
 - algodón largo 35 a 60 mm.
 - algodón excepcional hasta a 75 mm (Egipto).
- Color: Nunca se presenta totalmente blanco sino con una coloración más o menos crema.
- Tenacidad: 20-50 cN/tex.
- Alargamiento a la rotura: 5-10%.
- Recuperación elástica: 74%.
- Peso específico: 1.54 g/cm³.
- Absorción: Cuando la humedad es al 100%, la adsorción del agua es del 25-27% y del 6-8%.
- Módulo: 300-600 cN/tex⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾.

5.1.4 Propiedades químicas

- Tasa legal de humedad: 7-9.5%.
- Retención del agua por imbibición: 42-53%.
- El algodón no es disuelto por los disolventes orgánicos corrientes. El agua lo hincha ligeramente por su hidrofiliidad y para disolverlo son necesarios disolventes capaces de romper los puentes de hidrógeno que mantienen unidas las cadenas celulósicas cristalinas.
- El algodón se tiñe fácilmente con colorantes directos, tinaz, sulfurosos, naftoles y reactivos, resultando tinturas sólidas cuando el proceso tintóreo ha sido bien conducido.
- Los ácidos minerales degradan fuertemente el algodón. El ácido acético a temperatura ordinaria transforma la celulosa en acetato de celulosa. Esta reacción es utilizada para la fabricación de las fibras artificiales (acetato).
- Las bases fuertes (NaOH) provocan un hinchamiento y un deterioro de la celulosa. Se utiliza la sosa cáustica a ebullición para transformar y solubilizar las impurezas del algodón, concentrada y a una temperatura ordinaria (15-20°C) la sosa transforma la celulosa en álcali celulosa. Se utiliza esta propiedad para la fabricación de la viscosa.
- El agua oxigenada y la lejía a pequeñas concentraciones destruyen las materias colorantes accidentales del algodón; de eso su utilización para el blanqueo y el limpiado de las manchas en el algodón⁽⁹⁾.

5.1.5 Propiedades textiles

Cualidades:

- Gran flexibilidad.
- Buena elasticidad.
- Buena resistencia mecánica.
- Poder absorbente medio.

Defectos:

- Se arruga fácilmente.
- Amarillea a la luz.
- Es atacado por el moho.

5.2 COLORANTES DIRECTOS

Los colorantes directos han sido usados para teñir celulosa por más de 100 años. Por la simplicidad de aplicación de dichos colorantes y su disponibilidad, los colorantes directos son una popular clase de colorantes. El alcance de medida de los colorantes directos en la solidez al lavado va del moderado al malo. En la solidez a la luz van del malo al excelente, dependiendo del colorante⁽⁷⁾.

5.2.1 Estructura

Los colorantes directos dependen de fuerzas secundarias tales como puentes de hidrógeno o fuerzas de Van Der Waals para enlazarse con fibras de celulosa. Las fuerzas secundarias se encuentran relativamente flojas, la interacción entre el colorante y la fibra es buena si la cadena molecular del colorante es larga. Por lo tanto, las moléculas de los colorantes directos tienen relativamente un peso molecular alto, generalmente entre 400 y 1200⁽⁷⁾.

El comportamiento de los colorantes directos viene medido por la denominada substantividad del colorante por la fibra, propiedad que presentan los colorantes de ser absorbidos por la celulosa y su resistencia a la deserción. Cuanto más fácilmente sea absorbido un colorante directo por la celulosa y mayor resistencia tenga la fibra teñida a eliminar parte del colorante absorbido en la tintura, mediante un lavado posterior, mayor substantividad presentará el colorante por la fibra. La estructura de los colorantes directos es:



En donde R_1 y R_2 son derivados del benceno o naftaleno que contienen enlaces azoicos, mientras que X es un derivado del tipo: bencidina, difenilamina, estilbeno, difenilurea o naftaleno en los cuales los dos grupos azoicos están situados en las posiciones de 1:4 ó 2:6. Como consecuencia de esta posición, todos los colorantes de este tipo poseen la característica común de que sus moléculas están extendidas en una dirección, si la celulosa posee una cadena molecular lineal y el colorante directo tiene orientada su molécula en una dirección, la unión entre dichas moléculas será más efectiva⁽²⁾.

5.2.2 Propiedades

Los colorantes directos son solubles en agua y unos pocos requieren para disolverse la presencia de carbonato sódico; su solubilidad aumenta con el número de grupos sulfónicos y con la temperatura, y disminuye con el aumento de su peso molecular. Sus soluciones diluidas son moleculares, pero normalmente en frío forman soluciones coloidales. Los electrolitos neutros tales como el cloruro o el sulfato sódico tienden a flocular la solución colorante, siendo esta propiedad proporcional a la valencia de catión; los alcalinos favorecen la disolución en función de su pH. Los colorantes directos son solubles en piridina y resisten bastante la acción de los ácidos, aunque algunos son tan sensibles, que con el ácido oleico se extraen de la fibra, los más estables con los ácidos tienden a enrojecer.

La clasificación de los colorantes directos denominada por SDC (Society of Dyers and Colourists) basada en las propiedades igualadoras de los colorantes directos, se divide en tres tipos:

- Colorantes de buena igualación o “autorregulables”.
- Colorantes de mediana igualación o “controlables por la sal”.
- Colorantes de mala igualación o “controlables por la temperatura”.

Los colorantes autorregulables, pueden ser aplicados en tintura por agotamiento sin ninguna precaución especial dentro de los límites normales, dando tinturas uniformes debido a su elevado poder de migración.

Los colorantes controlables por la sal, son aquellos que en relación de baño 1/30 y con adiciones de sal inferiores al 1% s.p.f. dan un agotamiento no superior al 50%. La tintura con estos colorantes se comienza sin sal y se va regulando su absorción, a medida que aumenta la temperatura, mediante la adición de cloruro o sulfato sódico tomando por ello el nombre de controladores de espuma.

Los colorantes controlables por la temperatura, son aquellos que con añadidas de sal inferiores al 1% s.p.f. absorben un 50% o más de colorante, presentando gran sensibilidad a la sal, por lo cual, la tintura sería demasiado brusca y no se puede controlar mediante añadidas de sal neutra, siendo entonces necesario regular la absorción por control de la temperatura. La tintura debe empezarse en frío y sin sal, para aumentar gradualmente la temperatura y el electrolito, de forma que se obtenga una absorción gradual y uniforme por la fibra.

5.2.3 Acción de la temperatura, electrolitos, pH y otros parámetros

5.2.3.1 Temperatura

Su influencia se puede considerar en dos aspectos:

- a. En el estado de equilibrio: Aquí se observa que un aumento de temperatura produce una disminución de la absorción, disminuyendo la constante de equilibrio o de reparto.
- b. En la cinética: La influencia de la temperatura en la fase cinética es inversa a la indicada para el equilibrio.

5.2.3.2 Electrolitos

Su influencia es distinta según sean neutros o alcalinos.

- a. Electrolitos neutros: Aumentan la cantidad de colorante fijado, tanto en la etapa cinética como en la de equilibrio; su influencia es variable y está en relación con la constitución del colorante, siendo menos sensible su influencia para los colorantes de gran afinidad.
- b. Electrolitos alcalinos: Estos compuestos disminuyen la cantidad de colorante absorbido mediante acciones de tipo eléctrico y fueron empleados para controlar la velocidad de tintura.

5.2.3.3 pH

La tintura con colorantes directos se realiza normalmente a pH neutro, y en algunos casos, débilmente alcalino por adición de pequeñas cantidades de carbonato sódico, para colorantes que tiñen muy rápidamente. También es importante el pH ácido cuando se tiñe celulosa que contiene oxixelulosa, obteniéndose mayor regularidad en la tintura, ya que el ácido disminuye en parte la carga eléctrica negativa de las oxixelulosas, aumentando la

afinidad de los colorantes directos por ellas, y pudiéndose lograr mayor igualdad de color entre las partes modificadas y la celulosa.

5.2.3.4 Relación de baño y agitación

Con respecto a la relación de baño puede decirse que dentro de los márgenes de 1/3 a 1/20 que normalmente se emplea, su influencia en la cinética de la tintura es muy pequeña y solo se manifiesta en aquellos colorantes o intensidades de tintura que se hallan cerca del límite de solubilidad, pudiendo producir tinturas poco penetradas por excesiva agregación de las moléculas del colorante, disminuyendo asimismo la velocidad de tintura.

La función de la agitación es conseguir uniformidad en el baño, tanto de concentración de colorante, como de temperatura, y su efecto va ligado a veces al efecto de la temperatura o de gradiente de concentración pudiéndose indicar que el aumento de la agitación puede producir un incremento de la velocidad de tintura⁽²⁾.

5.2.4 Aplicación de los colorantes directos sobre el algodón

El método de aplicación es muy sencillo ya que permite teñir el algodón en cualquier estado de transformación que se encuentre. El mayor o menor agotamiento del baño tintóreo, guarda relación por lo general con la cantidad de sal añadida de manera parecida, cuanto mayor es la relación colorante-materia, tanto más grande deberá ser la cantidad de sal añadida. La sal común o cloruro sódico actúa con mayor rapidez que el sulfato sódico y se utiliza habitualmente para matices oscuros. Sin embargo, existe un límite para la cantidad de colorante directo que puede ser precipitada sobre el algodón, aunque éste varía bastante, según el colorante empleado puede decirse que en realidad es imposible lograr matices verdaderamente ricos e intensos con colorantes directos de este tipo, sin ningún tratamiento posterior.

Hasta cierto punto, la intensidad de tono parece crecer proporcionalmente a la cantidad de colorante añadida, pero cuando se rebasa este punto, por más colorante que pueda ser precipitado del baño sobre la fibra, siempre se deposita o absorbe en tal forma que no intensifica la tonalidad del color.

La temperatura de tintura puede variar entre límites muy amplios, sin embargo, en general, los mejores resultados se obtienen precisamente un poco por debajo del punto de ebullición. A menores temperaturas, los colorantes directos no precipitan sobre la fibra tan rápida ni completamente; por lo tanto, si se quiere teñir con matices pálidos a temperaturas más bajas

y se encuentra con dificultades por lo que respecta a uniformidad, se acostumbra a añadir pequeñas cantidades de sulfato sódico en lugar de sal común.

La concentración del baño tintóreo es un factor importante en relación con el coste de la tintura con colorantes directos; para matices fuertes e intermedios, es costumbre teñir con baños tan concentrados como permita la manipulación de la materia⁽³⁾.

5.2.5 Tratamientos posteriores

Sales metálicas: El tratamiento de parte de los colores directos para algodón con ciertas sales metálicas, en especial las de cromo o cobre, proporciona un notable incremento de la solidez del teñido, principalmente al lavado y en segundo término a la luz.

Sales de cromo: El material teñido se trata durante 30 minutos, a la temperatura de ebullición, en un baño compuesto de 3-4% de fluoruro de cromo y 1-3% de ácido acético. Para ciertos colores debe utilizarse acetato de cromo en polvo o líquido, siendo el 1.5% la cantidad de polvo más conveniente. Estos tratamientos son más eficaces con aquellos colorantes que contienen grupos hidroxilo.

Sales de cobre: La materia teñida se trata durante 20-30 minutos, a temperatura de 60°C, en un baño que contiene el 2-3% sulfato de cobre, y además, si el agua empleada es dura, un 2-3% de ácido acético. Gran parte de los colorantes directos que contienen grupos hidroxilo forman compuestos de cobre, con lo cual su solidez a la luz se incrementa considerablemente.

Con cromo y cobre: El baño se prepara con un 1/2% de sulfato de cobre, 1-2% de dicromato y 1-2% de ácido acético, la materia teñida es tratada a temperatura de 60°C, durante unos 20-30 minutos. En realidad, es una combinación de los tratamientos aislados con sales de cromo y cobre, pues se traduce en el aumento de la solidez, tanto frente a la luz como al lavado.

Con formaldehído: El material teñido se trata en un baño con un 3% de formaldehído y un 20% de ácido acético, a la temperatura de 90°C, durante 20-30 minutos. Aquellos colorantes que contienen dos grupos hidroxilo o amino, son capaces de dar productos de condensación sobre la fibra con el tratamiento indicado a base de formaldehído. La molécula mayor de este modo obtenida, es mucho menos soluble y su matiz mucho más sólido al lavado y esta diferencia de materia tratada o sin tratar, es muy marcada para ciertos colorantes⁽³⁾.

5.3 COLORIMETRÍA

El color es un término con un sentido muy amplio y dependiendo de la óptica que se analice se encontrarán conceptos y definiciones muy diferentes. Si se analiza desde un punto de vista psíquico se centraría dentro del campo de la sensación y de la percepción visual de un observador humano. Si se habla del color en términos químicos se aplicaría a colorantes y pigmentos. Y si se estudia desde el punto de vista físico se pasaría al análisis de fenómenos complejos dentro del campo de la óptica.

Para definir el color se ha de estudiar como se percibe aquel color. Es decir, en que condiciones de luz, sustrato, etc., se recibe la sensación de color, ya que si de un color se cambia su contorno, variará su percepción todo y que el color siga siendo el mismo.

Desde el punto de vista sensorial, los atributos que definen un color son:

1. La luminosidad o claridad (Lightness): Es la sensación visual que se percibe cuando una superficie emite más o menos luz. La luminosidad es una magnitud que corresponde a la magnitud fotométrica luminancia.
2. (L^*), que se interpreta como el flujo luminoso. Para superficies reflectoras o transmisoras, la luminosidad se le llama claridad.
3. El tono (Hue): Es la sensación visual que permite identificar un color azul, verde, rojo, etc. Es el elemento psicosensores que corresponde aproximadamente a la longitud de onda dominante. La representación gráfica de las variaciones de tono puede esquematizarse mediante un círculo llamado el círculo cromático.
4. Saturación o pureza (Chroma): La saturación va muy ligada al tono, ya que también es un atributo que permite identificar un color como tal. Se distinguen en que la saturación define la proporción de color cromático puro contenido en la sensación visual total, que se percibe de aquel color. El tono mas la saturación definen las características de un estímulo de color, y es lo que se llama cromaticidad. ⁽⁸⁾

5.3.1 Percepción del color

La percepción visual del color, básicamente depende de tres parámetros:



La luz es el estímulo de una radiación electromagnética (entre 380 y 770 nm) capaz de estimular el órgano visual y ser detectado en el cerebro eso es lo que provoca la sensación de

luz en la persona humana. Para poder definir un color se ha de matizar que luz se ha de utilizar, ya que la percepción visual de aquel color puede variar notablemente.

Dependiendo de las características del sustrato u objeto en el que incida un haz de luz, se percibirá un color u otro. Por ejemplo, si se tienen dos sustratos del mismo color pero uno es rugoso y el otro liso, se observará como más oscuro el rugoso y como más claro el sustrato liso, todo y que los dos sean del mismo color.

El observador puede ser objetivo y subjetivo. El observador subjetivo se definirá como la persona que capta la sensación del color. En cambio el observador objetivo es el que corresponde a la parte instrumental de la colorimetría, que capta el color de una forma estándar y normalizada y que es capaz de cuantificarlo y de interpretarlo dentro de un espacio de color normalizado.

Esta percepción objetiva del color quedó normalizada cuando en 1931 la Comisión Internacionale d'Eclairage (CIE)* estableció un sistema colorimétrico patrón. Este patrón, también conocido como observador patrón 2°, solo es aplicable a ángulos de observación entre 1° y 4° que equivale aproximadamente al tamaño de una moneda, más adelante, debido a que en la industria se utilizaban campos visuales mucho más amplios para la comparación de colores, en 1964 la CIE sacó un observador suplementario 10° o también llamado observador colorimétrico suplementario UNE4 (CIE 1964). Este observador patrón estaba basado en unos estudios realizados en 1959 que consistían en igualar las luces monocromáticas con un colorímetro aditivo, para un ángulo visual de 10°. Este nuevo observador de mayor campo visual coge una superficie de 5 cm de diámetro a una distancia de 30 cm entre el observador (ojo) y la muestra (figura 1). La CIE transformó estos estudios en nuevas funciones colorimétricas $\bar{x}_{10}(\lambda)$ $\bar{y}_{10}(\lambda)$ $\bar{z}_{10}(\lambda)$, figura 2 ⁽⁸⁾.

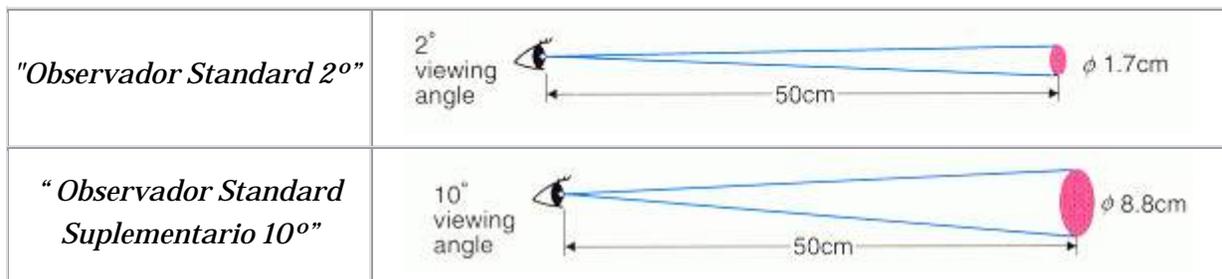


Figura 1.- Observador Standard suplementario 2° y 10°.

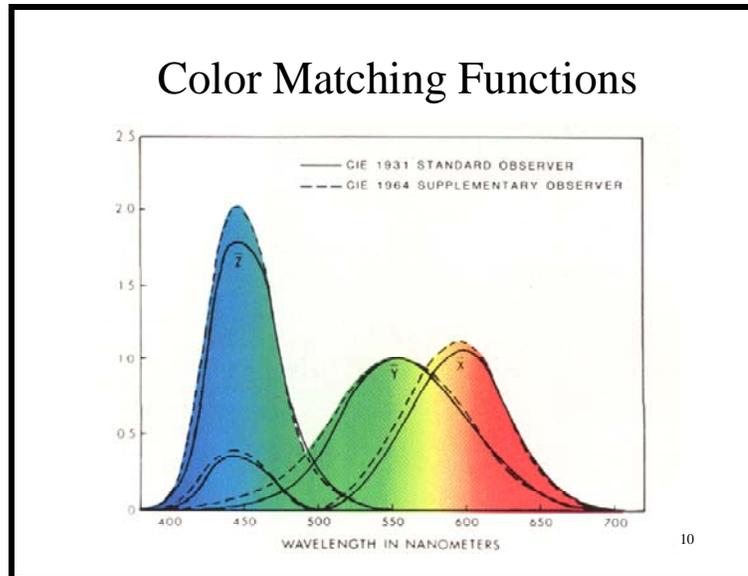


Figura 2.- Funciones colorimétricas

Como ya se ha dicho anteriormente, para definir la percepción de un color se ha de puntualizar el tipo de luz que incide sobre aquel cuerpo u objeto, ya que la percepción puede resultar muy diferente. Cuando hay una suma o mezcla de luces sobre una superficie blanca, se estará hablando de una percepción aditiva del color. Es decir, cuando se mezclan dos o más luces de diferente color (diferente longitud de onda) se produce una mezcla aditiva de colores, produciendo un gran número de colores. Un buen ejemplo de este caso es la TV en color.

La percepción partitiva del color, sería aquella que se obtiene de la proyección alternada de dos luces de colores las cuales se combinan en una sujeción muy rápida. El color resultante es el promedio y no una suma de las dos luces. Por ejemplo, si en un disco giratorio se enganchan hojas de dos colores, como el blanco y el negro de forma alternada, al hacer girar el disco a una cierta velocidad se reproducirá el color gris.

Hasta hace poco tiempo se tendía a creer que la percepción de una mezcla de pigmentos era igual que la que se tenía en una mezcla de luces. Cuando la luz incide sobre un cuerpo coloreado o pigmento, este absorbe parte de esta luz y se refleja otra parte. A ésta luz absorbida se le llama pérdida por sustracción.

Si se considera el espectro visible formado por 5 luces violeta (V), azul (B), verde (G), amarillo (Y) y rojo (R), cuando ésta incide sobre un pigmento, la única luz que se percibirá será la que es reflejada por el pigmento. Por ejemplo, si un pigmento azul absorbe las luces YR y refleja VBG cuando esta luz reflejada incida sobre otro pigmento como por ejemplo el rojo, esta absorberá VG y reflejará G. Por tanto, la única luz que se percibirá será aquella que no ha

estado absorbida por ninguno de los dos pigmentos y que ha estado reflejada por los dos; el color resultante será el verde. Así la percepción sustractiva es aquella resultante de una luz incidente sobre un pigmento, es absorbida por este en ciertas regiones del espectro dando como resultante la luz reflejada que no ha sido absorbida. De hecho, la percepción sustractiva es la que se tiene habitualmente sobre la mayoría de los objetos, incluyendo los textiles. Así, la percepción que se tiene de un color final es una combinación del color en sí, de la luz que incide y de los receptores del ojo.

La visión normal de un color requiere un sistema tridimensional. En la retina del ojo (conos retinianos) se encuentran tres pigmentos fotosensibles cada uno de ellos tiene la máxima absorción a una cierta longitud de onda diferente, que corresponderán a tres colores diferentes, definidos como colores primarios. Estos colores primarios serán el rojo (X), el verde (Y) y el azul (Z), siendo X, Y y Z los valores triestímulo. El ojo humano puede detectar casi todas las graduaciones de color cuando se mezclan luces monocromáticas, rojo, verde y azul. Por ejemplo, si una superficie refleja una luz de cierta longitud de onda, esta estimulará el pigmento de los conos que tenga la máxima absorbancia en esta longitud de onda y el ojo lo percibirá como color verde.

5.3.2 Luz, materia y color

Uno de los puntos fundamentales imprescindibles para poder estudiar más a fondo las características del color es saber como se comporta la luz.

Se dice que un objeto tiene un color cuando refleja o transmite radiaciones correspondientes a tal color. Por ejemplo, un cuerpo es rojo cuando absorbe casi la totalidad de las radiaciones excepto las rojas, las cuales refleja o se dejan atravesar por ellas. Si este cuerpo rojo se sitúa en la oscuridad y se ilumina con una luz verde, la sensación que se percibe de este color será de negro y no de rojo. Por tanto, la percepción de color de los cuerpos va íntimamente ligada a la naturaleza de la luz que recibe.

5.3.2.1 Naturaleza del color

El comportamiento de la luz ha sido siempre objeto de estudio a lo largo de la historia, ya desde los grandes filósofos griegos, cuando se consideraba la luz como un fluido capaz de estimular el órgano visual (Pitágoras de Samos 500 a.C.).

La primera gran teoría que explicaba la naturaleza de la luz no tubo lugar hasta bien entrado el siglo XVI cuando un astrofísico danés llamado Christian Huygens explicó el

comportamiento de la luz diciendo que la energía emitida por un cuerpo luminoso se propaga en el vacío mediante un movimiento ondulatorio transversal. Además Huygens añadió que esta energía que se propaga en movimiento ondulatorio viaja entre los grandes espacios vacíos que dejan entre sí las partículas que constituyen la materia.

Este principio de Huygens explica perfectamente los fenómenos de reflexión y refracción de la luz. Un poco más tarde uno de los grandes genios de la física Isaac Newton (1642-1721), manifestó la otra gran teoría del comportamiento de la luz, que se oponía a la teoría ondulatoria de Huygens. Newton anunció la teoría corpuscular de la luz diciendo que un cuerpo emisor de la luz se comporta como un productor de partículas (corpúsculos de luz) que cruzan el espacio a velocidades vertiginosas.

Estas dos teorías se oponían cuando se intentaba explicar alguno de los comportamientos de la luz. En el 1873 James C. Maxwell demostró que las ondas luminosas eran ondas electromagnéticas de alta frecuencia y predijo que estas ondas viajaban a una velocidad aproximada de 300.000 Km/seg. En el 1887 Heinrich Hertz lo pudo confirmar experimentalmente. Esta teoría fue capaz de explicar las propiedades conocidas de la luz, pero el posterior descubrimiento del efecto fotoeléctrico (de Hertz) demostró sus deficiencias.

La explicación de la teoría del espectro fotoeléctrico la propuso Albert Einstein en 1905, utilizando la teoría cuántica de Max Planck (1900), que decía que la energía de una onda de luz está formada por cantidades muy pequeñas de energía llamadas fotones y, en consecuencia, se dice que la energía está cuantificada. El efecto fotoeléctrico es la transferencia de energía de un fotón a un electrón de un metal. Debido a todo este desarrollo, hoy en día la luz se considera como un fenómeno con un comportamiento dual que depende del sistema y de las condiciones de observación. Por una parte, la teoría ondulatoria explica la propagación de la luz y los efectos de interferencia y difracción, y, por otra parte, la teoría corpuscular explica más satisfactoriamente la interacción de la luz con la materia debido al comportamiento fotoeléctrico.

5.3.2.2 Comportamiento de la luz

La luz es la longitud de onda de una radiación visible que impresiona de una forma especial la retina del ojo, produciendo sensación de color.

La longitud de onda (λ) se define como la distancia en la dirección de propagación de una onda periódica entre dos posiciones consecutivas en idéntica fase de vibración. Equivale al espacio recorrido por el movimiento ondulatorio (con velocidad c), en un determinado tiempo (periodo T) y su valor es:

$$\lambda = cT = \frac{c}{\nu} \quad (1)$$

Donde

ν = frecuencia

La unidad es el metro pero normalmente se utiliza el nanómetro $1\text{m} = 10^9 \text{ nm}$.

Existen diferentes tipos de luz según sus longitudes de onda:

- Luz monocromática: Es la formada por radiaciones de una sola longitud de onda.
- Luz compuesta: Es la formada por radiaciones de diversas longitudes de onda (o varias longitudes monocromáticas).
- Luz blanca: Es la formada por luces monocromáticas de longitudes de onda comprendidas entre los límites de visibilidad (380 a 780 nm) y sin solución de continuidad.

La solución espacial de las radiaciones compuestas se representa por sus componentes monocromáticos. Esta representación espacial es lo que se llama espectro, figura 3 ⁽¹¹⁾.

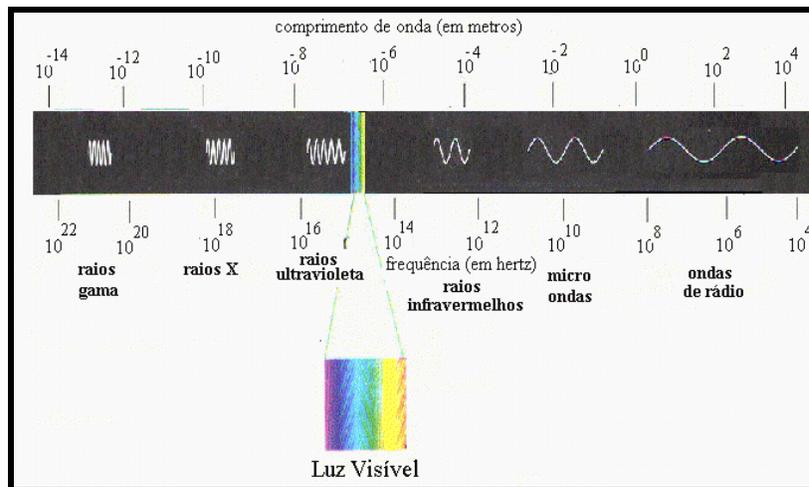


Figura 3.- Espectro

La luz visible es la única onda electromagnética capaz de impresionar la retina del ojo, produciendo la sensación de color. Su longitud de onda está comprendida entre los 380 y 780 nm. Pero por especificaciones simplificadas es frecuente utilizar los límites de 400 a 700 nm. Las diferentes longitudes de onda de la luz visible se clasifican en colores de mayor a menor longitud de onda las tonalidades de los colores son: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul y violeta.

Los cuerpos productores de la luz blanca, no solo emiten estas radiaciones, sino que al mismo tiempo producen otras que sobrepasan los límites máximos y mínimos de visibilidad, que no son capaces de impresionar la retina del ojo.

Las radiaciones ultravioletas (UV) tienen longitudes de onda desde los 400 nm hasta los 60 nm. Todas estas radiaciones se caracterizan por tener una temperatura característica (temperatura de color). Para temperaturas inferiores a 500°C la frecuencia corresponde a las regiones infrarrojas del espectro solar (las que dan efectos caloríficos a la piel). Estas radiaciones no son visibles por exceso de longitud de onda. A partir de 500°C la radiación contiene longitudes de onda suficientemente grandes como para impresionar la retina, que corresponde a la luz visible, a medida que aumenta la temperatura las radiaciones son de menos longitud de onda.

Existe una gran variedad de diferentes fuentes de luz. Pero para la medida del color solo se ha normalizado unas pocas con el objetivo de poder producir tanto la luz diurna como la luz artificial. La CIE propuso unos iluminantes con tal de disponer de una distribución espectral constante para la medida del color. Una fuente de luz se define como un emisor de luz con una realidad física, en cambio, un iluminante es solo una distribución espectral. En la actualidad, los iluminantes normalizados más frecuentes con los que se trabaja a nivel instrumental, son:

- Iluminante D65 —————> Luz diurna
- Iluminante A —————> Luz artificial
- Iluminante TL84 —————> Luz artificial
- Iluminante F —————> Luz fluorescente

Iluminante D65: Representa una media de la luz diurna con excitación ultravioleta. Para hacer esta media mundial de la luz diurna, se tuvieron en cuenta factores como la hora del día, la estación del año, la latitud y el lugar de la medida. Tiene una temperatura de color de 6504°K.

Iluminante A: Representa la luz de una lámpara incandescente. Es pobre en azules y rica en rojos. Temperatura de color 2856°K.

Iluminante TL84: Es una luz artificial estudiada por Marx y Spencer. Temperatura de color es de 4000°K.

Iluminante F: Distribución espectral que representa la radiación emitida por un tubo fluorescente.

5.3.2.3 Interacción de la luz con la materia

La radiación emitida por una fuente de luz como la de los iluminantes a los cuales se ha hecho referencia queda modificada cuando atraviesa un cuerpo.

Cuando la luz incide sobre un objeto (tejido) se dice que hay una pérdida por sustracción (luz que absorbe el tejido) y una pérdida por difusión (parte de la luz reflejada). El resto de luz que no se ha absorbido ni se ha perdido por difusión, será la luz transmitida al observador. Entonces se definen, las 3 propiedades de un material, que son: A absorbancia, R reflectancia y T transmitancia. Estas propiedades, dependen de la longitud de onda de la luz incidente y del sustrato en el cual incide, figura 4⁽⁸⁾.

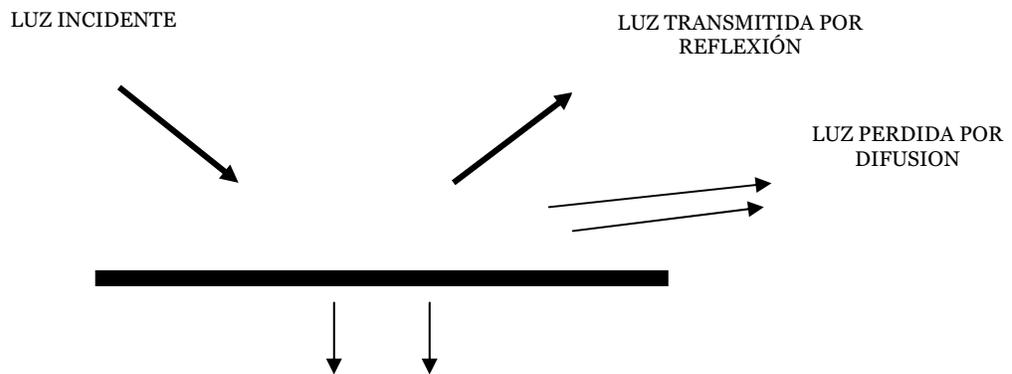


Figura 4.- Longitud de onda de la luz incidente y del sustrato en el cual incide.

5.3.2.4 Medida de la transmisión

La relación entre la luz transmitida al observador y la luz incidente en una superficie, esta regulada por la ley de Lambert-Beer, que dice que: *la parte de radiación absorbida por un medio homogéneo, es proporcional al número de especies absorbentes, es decir a la concentración del medio*

$$A = \log 1/T = -\log T \quad \text{Ley de Bouguer-Lambert} \quad (2)$$

$$T = I/I_o \quad (3)$$

$$A = \varepsilon \cdot b \cdot c \quad \text{Ley de Lambert-Beer} \quad (4)$$

Donde:

A = Absorbancia.

T = Transmitancia.

I = Intensidad incidente.

ϵ = Absortividad (o coeficiente de extinción), mol/l.

b = Densidad (grosor) del medio, cm.

c = Concentración, g/L.

La ley de Beer se aplica mucho en el textil, por ejemplo, cuando se quiere saber la concentración de un colorante en una solución acuosa. Se mide la absorbancia de aquella solución en una longitud de onda determinada y se hace la representación gráfica de los valores de absorbancia (A), respecto a la concentración (c). Como la ley dice que A y c son proporcionales, tendrá que salir una recta que pase por el origen. De esta manera se puede determinar la concentración del colorante en solución. Se ha de decir que la ley de Beer tiene limitaciones, ya que no todas las disoluciones cumplen este comportamiento ideal.

5.3.2.5 Medida de la reflexión

La reflexión de la luz en relación con la luz incidente sobre un cuerpo, está regulada por la ley de Kubelka-Munk, que relaciona:

$$\frac{(1-R)^2}{2R} = \frac{K}{S} \quad (5)$$

Donde:

R = Reflexión

K = Coeficiente de absorción

S = Coeficiente de dispersión

La ecuación de Kubelka y Munk relaciona la cantidad de colorante en la fibra con la reflectancia medida a una longitud de onda determinada. Es decir, relaciona la reflectancia de una tintura con unas constantes que dependen del colorante (K) y del sustrato (S). Estas constantes están relacionadas con la concentración por un factor de proporcionalidad (K/S).

En la práctica, en el textil, la ecuación de Kubelka-Munk se utiliza mucho para la duplicación de colores en las formulaciones de tintura.

La aplicación de esta ecuación comporta un sistema de ecuaciones, de tantas ecuaciones como particiones se hagan en la curva espectral (punto de medición), generalmente 16; y de tantas incógnitas como números de colorantes tengan que intervenir en la formulación. Es decir, partiendo de una función de un color a imitar definida por 16 puntos, se tendrá que conseguir otra función lo más parecida posible a la función inicial. En la actualidad esta tarea se hace

informáticamente con los mejores aparatos colorimétricos, que se encargan de igualar las curvas de colorantes para la duplicación y formulación de colorantes.

5.3.2.6 Curvas de remisión

La remisión es la que refleja un determinado color en un determinado sustrato, por tanto, la curva de remisión será diferente para cada color y para cada sustrato.

La remisión siempre se da en tanto por ciento, por tanto, en principio su máximo siempre será 100 a no ser que a la prenda se le añada un abrillantador. La remisión nos da información sobre la intensidad, es decir, sobre la luminosidad de ese colorante. Al 100% de remisión hay el blanco y a 0% el negro. Por tanto, colorantes con curvas exactamente igual pueden tener diferentes remisiones, ya que uno puede ser más claro que el otro, siendo el mismo color.

Esta información será muy útil en este estudio, ya que con las curvas de remisión se podrá observar gráficamente si un colorante se ha aclarado debido a los efectos de los lavados. Cada colorante ha de tener un mínimo característico en su curva de remisión, esto también será muy útil como ya se verá mas adelante, para observar posibles cambios de matiz. Si dos colorantes exactamente iguales, no coinciden en el mínimo de remisión, querrá decir que debido a los efectos del lavado aquel color habrá cambiado su matiz original. La concentración de un colorante se puede saber encontrando el K/S en el punto mínimo de remisión y a partir de aquí, se puede encontrar la concentración que ha de tener.

5.3.3 Medida de espacios de color

Para cuantificar un color, se darán unas coordenadas cromáticas que los situarán dentro de un espacio de color. Para obtener las coordenadas cromáticas, primero se necesitará conocer la distribución espectral de la radiación de aquel color que vendrá dada por los valores triestímulo.

5.3.4 Valores triestímulo

Los valores triestímulo X, Y, Z son fundamentales en la colorimetría pero ellos solos no dan una información directa del tono, saturación y luminosidad de un color. Entonces, los valores triestímulo serán transformados en otro sistema colorimétrico que nos permitirá cuantificar el color mediante unas coordenadas de cromaticidad.

$$X = \sum_{380}^{720} \{S(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda)\} \quad (6)$$

$$X = \sum_{380}^{720} \{S(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda)\} \quad (7)$$

$$X = \sum_{380}^{720} \{S(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda)\} \quad (8)$$

Donde:

$S(\lambda)$ = Fondo de iluminación.

$R(\lambda)$ = Muestra.

$\bar{x}(\lambda)$ = Receptor visual del rojo.

$\bar{y}(\lambda)$ = Receptor visual del verde.

$\bar{z}(\lambda)$ = Receptor visual del azul.

A diferencia de la curva de remisión, los valores triestímulo (X,Y,Z) dependen de la fuente de iluminación y la sensibilidad ocular. Por tanto siempre será necesario saber las condiciones en las que se han calculado los valores triestímulo.

5.3.5 Coordenadas de cromaticidad

Como ya se ha dicho, las coordenadas de cromaticidad (x, y) son calculadas a partir de los valores triestímulo X, Y y Z, mediante las ecuaciones:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad (9)$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad (10)$$

Estas coordenadas (x, y) definen un color situándolo dentro de un espacio de color nombrado por la CIE en 1931. En este espacio de color, las coordenadas de cromaticidad respetan el tono y la saturación, por tanto, todos los colores representados en este espacio, tienen la misma luminosidad (luminancia, *L). Para cada valor de *L se encuentra un espacio diferente (se explicará a continuación), figuras 5 y 6^(III).

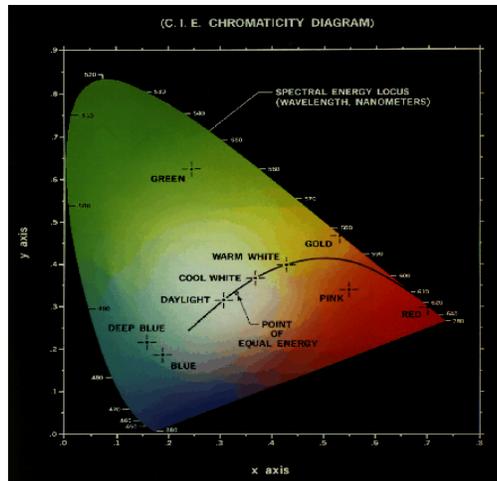


Figura 5.- Diagrama de cromaticidad

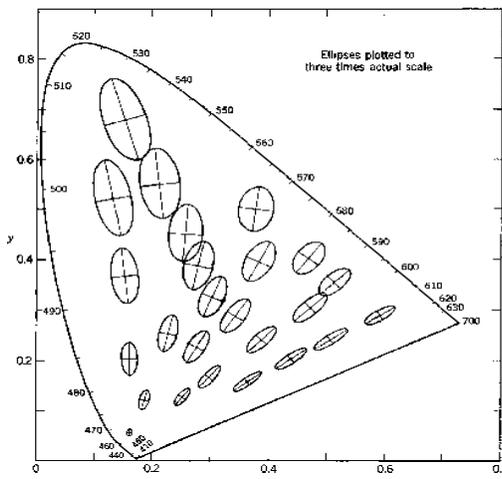


Figura 6.- Diagrama de cromaticidad

5.3.6 Espacio de color CIELAB

En 1976 la CIE adoptó el espacio de color CIELAB, que ya había estado mucho antes por la “Society of Dyers and Colourists” (Bradford) para definir las escalas de grises utilizadas en la determinación de solidez. Este nuevo espacio de color tridimensional es mucho más uniforme que los que se había obtenido hasta entonces con los valores triestímulo. La principal ventaja del sistema CIELAB es que permite calcular una diferencia de color (D.E) mucho más fiable que en el espacio (X, Y, Z), cuando se trata de analizar dos colores.

Donde:

D = Diferencia de

E = (Empfindung) significa sensación.

El espacio de color CIELAB es un sistema cartesiano definido por tres coordenadas colorimétricas que son: L^* , a^* y b^* que se calculan:

$$L^* = 116 \cdot (Y/Y_n)^{1/3} - 16 \quad (11)$$

$$a^* = 500 \cdot \left\{ (X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3} \right\} \quad (12)$$

$$b^* = 200 \cdot \left\{ (Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3} \right\} \quad (13)$$

Donde:

$L^*a^*b^*$ Valores triestímulos para determinar inequívocamente el lugar del color en el espacio de color.

L = luminosidad (0= negro, 100=blanco)

a = eje rojo verde

b = eje amarillo azul

La coordenada L^* se define como la claridad y en el espacio CIELAB (Figura 7) ^(IV) queda representada por colores acromáticos, (negro, gris y blanco), que forman un eje vertical central que va desde el negro en el valor más bajo ($L^* = 0$), hasta el blanco en el valor más alto ($L^* = 100$)^(IV). Las coordenadas colorimétricas (a^* , b^*) forman un plano circular perpendicular a la claridad, donde quedan definidos todos los matices. La coordenada a^* define la desviación del matiz en un eje que va del verde al rojo, pasando por el eje acromático de la claridad. Análogamente la coordenada b^* define la desviación del matiz en un eje que va del amarillo al azul pasando por el punto 0 que corresponde al eje de la claridad. Así se define:

+ a^* = desviación hacia el rojo

- a^* = desviación hacia el verde

+ b^* = desviación hacia el amarillo

- b^* = desviación hacia el azul

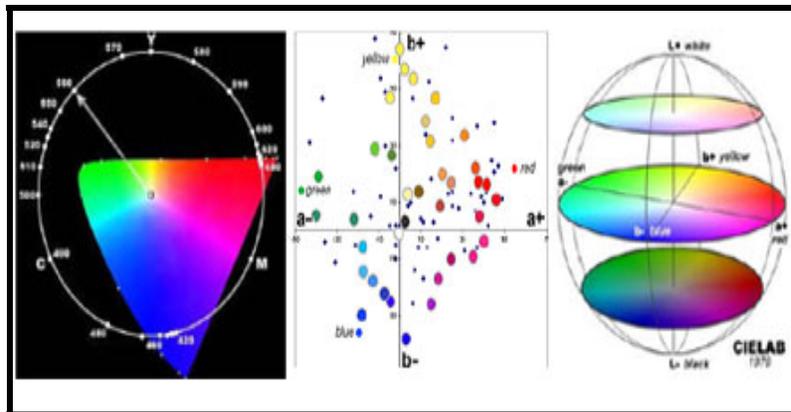


Figura 7.- Espacio de color CIELAB

Cualquier distancia dentro del círculo de matiz a partir del eje de claridad quedará representada por la variable C^* croma que va del valor 0 (en el eje acromático) hasta aproximadamente 150 para estímulos monocromáticos, todo y que puede llegar a valores de 1000 o más. En realidad, el Croma es la saturación, pero la CIE prefirió cambiar este término por el de Croma, ya que éste a parte de la saturación también engloba la luminosidad.

Finalmente también se encuentra otro atributo de color que es el tono h^* (hue). Este varía de 0° a 360° . Las coordenadas (C^*, h^*) definen la cromaticidad del color y junto con la claridad (L^*) quedan definidas las coordenadas cilíndricas del espacio de color CIELAB. El croma y el tono quedan definidas por las coordenadas a^* y b^* mediante las fórmulas:

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$h^* = \arctg(b^* / a^*)$$

La importancia del espacio de color CIELAB., es el valor numérico de todas estas coordenadas mediante la evaluación instrumental de un color de forma precisa exacta y rápida, que permiten suministrar la información y datos suficientes para que el tintorero pueda tomar la decisión más acertada, cuando por ejemplo se trata de la duplicación de una tintura.

Uno de estos datos fundamentales que proporciona el espacio CIELAB es la diferencia de color (D.E). La CIE en 1976, recomendó la diferencia de color CIELAB, que determina la diferencia de color que hay entre dos sólidos opacos, no fluorescentes y uniformemente coloreados. En realidad de lo que se trata es de determinar la diferencia de color que hay entre dos muestras, 1 (muestra de referencia) y 2 (muestra tratada), y viene dada por la fórmula:

$$D.E = \left[(DL^*)^2 + (Da^*)^2 + (Db^*)^2 \right]^{1/2} \quad (14)$$

$$DL^* = L^*_2 - L^*_1 \quad (15)$$

$$Da^* = a^*_2 - a^*_1 \quad (16)$$

$$Db^* = b^*_2 - b^*_1 \quad (17)$$

El valor de D.E. calculado, define la magnitud de la diferencia de color que hay entre las dos muestras, pero no da ninguna información del tipo de diferencia; es decir, no informa de si se ha producido cambio de matiz.

La fórmula D.E., es la fórmula general de la distancia entre dos puntos, por tanto situando las dos muestras dentro del espacio CIELAB, se observará que a medida que aumenta la distancia entre dos muestras, la DE entre ellas será mas grande.

La D.E. puede tomar valores del 0 hasta infinito. Se dice que las D.E. más pequeñas de dos son poco detectables al ojo, todo y que no siempre se cumple. A parte de la claridad (DL^*), también se pueden encontrar las diferencias de tono (Dh^*) y diferencias de Croma (DC^*), mediante las fórmulas:

$$DC^* = C_2^* - C_1^*$$

$$DC^* = (a_2^{*2} + b_2^{*2})^{1/2} - (a_1^{*2} + b_1^{*2})^{1/2}$$

$$DC^* = (C_1^* \cdot C_2^*)^{1/2} \cdot \sin\left[\frac{h_2^* - h_1^*}{2}\right]$$

Así la D.E. también se puede calcular a partir de la claridad, el tono y el Croma:

$$DE = [DL_2^* + DC_2^* + DH_2^*]^{1/2} \quad (18)$$

Las diferencia de claridad y el Croma, pueden tomar valores negativos dependiendo en cada caso de:

- $DC^* > 0$: La muestra tratada es más brillante que la de referencia.
- $DC^* < 0$: La muestra tratada es más sucia que la de referencia,
- $DL^* > 0$: La muestra tratada es más clara que la de referencia
- $DL^* < 0$: La muestra tratada es más oscura que la de referencia.

Las D.E. en tejidos, son de gran utilidad, por ejemplo en la evaluación de solidez al lavado, a la luz, etc. También en la determinación de tolerancias en producción, ya sea por artículos o máquinas. También son de gran utilidad para establecer tolerancias entre cliente y el técnico en la determinación de colores, artículos, etc.

5.3.7 Aparatos de medida de color

La tendencia actual en las relaciones comerciales y los procesos industriales dentro del mundo textil, para determinar o establecer la D.E., crean la necesidad de una especificación estrictamente objetiva del color.

La objetividad de esta especificación exige la eliminación de cualquier alteración incontrolada en las condiciones que puedan influir en la percepción de color (iluminación, entorno, sensibilidad del observador, etc.) Esta medida objetiva del color, solo es posible obtenerla mediante la medida instrumental. Según el aparato en que se realice la medida se llamará espectrofotómetro o colorímetro triestímulo.

5.3.7.1 Portaprobetas

Es el lugar donde se coloca la muestra (tejido) para realizar su medida. Normalmente es un orificio esférico o semiesférico recubierto interiormente de una sustancia blanca (óxido de magnesio). El objetivo de esta esfera es proporcionar una iluminación difusa de la muestra, para evitar al máximo la influencia de posibles sombras.

5.3.7.2 Sistema discriminador de longitudes de onda

En el caso de los colorímetros, el sistema consiste en 3 ó 4 filtros de banda ancha. En el caso de los espectrofotómetros puede ser:

- a) Entre 16 y 32 filtros interferenciales con una banda estrecha.
- b) Red de difracción.
- c) Filtro interferencial continuo.

5.3.7.3 Detector

Son células fotoeléctricas provistas de filtros correctores de sensibilidad.

5.3.7.4 Espectrofotómetro

Son aparatos que permiten obtener la curva de reflectancia espectral (reflectancia en función de la longitud de onda). En la colorimetría textil, se considera suficiente la precisión dada por la medida de la reflectancia a 16 longitudes de onda, desde 400nm a 700 nm, en intervalos de 20 nm.

Hoy en día los espectrofotómetros modernos, van equipados con sistemas de iluminación que permiten obtener una medida del color mediante cualquier iluminante normalizado (luz diurna, incandescencia, fluorescencia, etc.).

5.3.8 Proceso de medida

La luz procedente de una fuente de iluminación pasa por una serie de filtros correctores y a continuación entra dentro de una esfera donde es reflejada múltiples veces en las paredes interiores de ésta, hasta que incide de forma difusa sobre la muestra (tejido) que se encuentra colocada en un orificio de la pared de la esfera.

La luz reflejada por la muestra es transmitida mediante dispositivos ópticos adecuados, hasta el sistema discriminador y al detector, donde la señal luminosa se convierte en señal eléctrica que adecuadamente tratada por los dispositivos electrónicos del instrumento, se transforma en un valor numérico. Para obtener una buena medida es muy importante el calibrado del aparato que se ha de convertir en una operación rutinaria, donde además se ha de controlar periódicamente los estándares blancos y negros del calibrado.

5.4 TENSIOACTIVOS

Los tensioactivos son sustancias cuyas moléculas están constituidas por dos partes bien diferenciadas. Una de ellas es de carácter hidrófilo, es decir, soluble en agua o sustancias polares, y la otra de carácter lipófilo, soluble en sustancias apolares. Los tensioactivos se caracterizan fundamentalmente por disminuir la tensión superficial e interfacial, como consecuencia de ello, estas sustancias presentan las siguientes propiedades:

- a. Actúan como detergentes,
- b. Son espumantes,
- c. Tienen capacidad solubilizante,
- d. Son emulsionantes,
- e. Se comportan como humectantes,
- f. y actúan como dispersantes⁽⁷⁾.

5.4.1 Estructura de las moléculas tensioactivas

Para que un compuesto anfílico se considere tensioactivo es preciso:

- a. Que posea una longitud de cadena hidrófoba de ocho o más átomos de carbono, es decir, una hidrofobicidad mínima. Esta aumenta con el número de carbonos y disminuye con el número de enlaces etilénicos o con la formación de ciclos.
- b. Una polaridad mínima, dependiente de las características del grupo o grupos polares, compensada adecuadamente por el resto hidrófobo. Es decir, una relación hidrófila-hidrófoba adecuada en su molécula.
- c. Posibilidad de formar agregados micelares.

Cuando el tensioactivo está adsorbido en la superficie, tiene lugar una orientación molecular, formándose una película monomolecular en la mayoría de los casos. Todos los tensioactivos pueden considerarse compuestos anfílicos, aunque no todos los compuestos anfílicos pueden ser tensioactivos.

5.4.2 Propiedades físico-químicas de las disoluciones de tensioactivos

5.4.2.1 Tensión superficial

Desde el punto de vista físico-químico, la tensión superficial de un líquido puede definirse como el trabajo necesario para aumentar en una unidad, de modo isotérmico y reversible la superficie libre del líquido. La tensión superficial de un líquido es tanto mayor cuanto más intensa es la fuerza de atracción entre sus moléculas. El agua, debido a los enlaces de hidrógeno intermoleculares, presenta una fuerza de atracción muy considerable entre sus moléculas, por lo que su tensión superficial es de 72mN/m.

5.4.2.2 Humectabilidad

El mojado constituye un mecanismo fundamental que interviene más o menos, en la mayor parte de las aplicaciones de los agentes tensioactivos. El mejoramiento del poder de mojado de un líquido por los agentes tensioactivos, es una característica que depende esencialmente de las propiedades superficiales.

5.4.2.3 Espumación

La formación de espuma es igualmente otro de los efectos que depende de las propiedades superficiales de las disoluciones de los agentes tensioactivos. Este fenómeno no es simplemente función de la tensión superficial, generalmente se debe a burbujas de aire introducidas en una disolución de agente tensioactivo, se rodea inmediatamente de una capa monomolecular. Cuando la burbuja rompe la superficie, consigue formar una película superficial monomolecular y de esta forma se encuentra compuesta de una lámina formada por dos capas monomoleculares de agentes tensioactivos, separadas por una película de agua⁽⁶⁾.

5.4.3 Descripción de las principales familias de tensioactivos

Los tensioactivos se pueden clasificar según la naturaleza de la cadena hidrofílica. Pueden ser:

- Aniónicos
- Catiónicos.
- Anfóteros.
- No-iónicos.

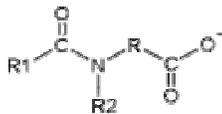
5.4.3.1 Tensioactivos aniónicos.

Un tensioactivo es de tipo aniónico si la carga eléctrica presente en el grupo hidrófilo es negativa. Son los más utilizados en composiciones de turgentes en polvo para el lavado de ropa, así como en productos líquidos, tanto para el lavado de ropa como para el de vajillas. Hay casos de tensioactivos, por ejemplo ácidos carboxílicos, que a bajo pH no presentan carga eléctrica neta, pero que a pH más elevados son aniónicos. Estos tensioactivos se clasifican en este tipo.

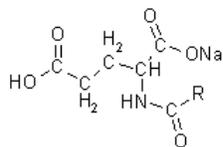


Los tensioactivos aniónicos se clasifican en cinco familias y éstas, a su vez, en diversas subfamilias. ^{(5) (7)}

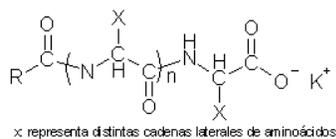
A. Acil-aminoácidos (y sales)



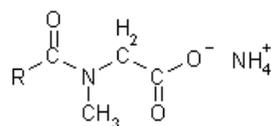
1. Acil-glutamatos



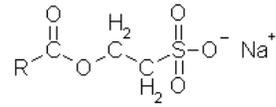
2. Acil-péptidos



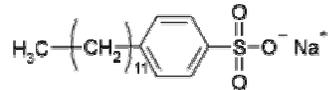
3. Sarcosinatos



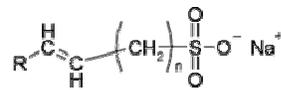
1. Acil-isotianatos



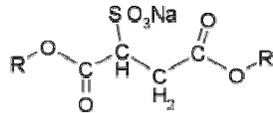
2. Alquil aril sulfonatos



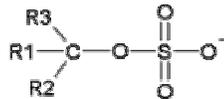
3. Alquil sulfonatos



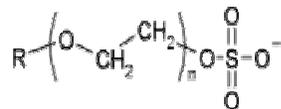
4. Sulfosuccinatos



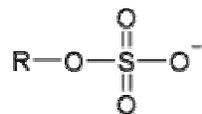
E. Ésteres del ácido sulfúrico



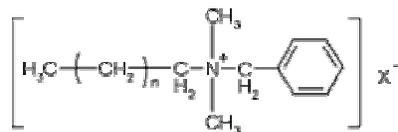
1. Alquil éter sulfatos



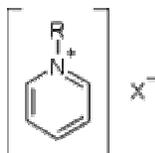
2. Alquil sulfatos



1. Salas de alquil bencil dimetil amonio



2. Salas de amonio heterocíclicas



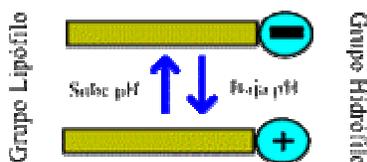
3. Salas de tetraalquil amonio



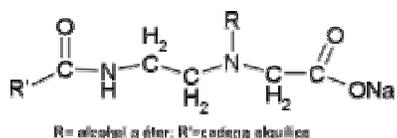
5.4.3.3 Tensioactivos anfóteros

Las sustancias clasificadas como anfóteras tienen la particularidad de que la carga eléctrica de la parte hidrofílica cambia en función del pH del medio. Los tensioactivos que son anfóteros poseen una carga positiva en ambientes fuertemente ácidos, presentan carga negativa en ambientes fuertemente básicos, y en medios neutros tienen forma intermedia híbrida⁽⁶⁾ ⁽⁷⁾.

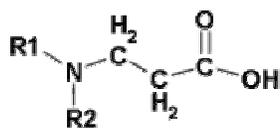
Las sustancias anfóteras se dividen en dos familias:



A. Acil-aminoácidos (y derivados)



B. N-alquil-aminoácidos



R1: cadena alquílica; R2: amina, amida, ácido...

5.4.3.4 Tensioactivos no-iónicos

Este tipo de sustancias son moléculas tensioactivas que no poseen carga eléctrica neta. Una característica común en muchos de ellos es la etoxilación (o polietoxilación) Como consecuencia, muchos tensioactivos no iónicos podrían ser clasificados como éteres o alcoholes. Tienen poco poder espumante, no presentan efectos eléctricos y, en general, se trata de productos líquidos o pastosos; raramente se presentan como sólidos pegajosos^{(5) (7)}.



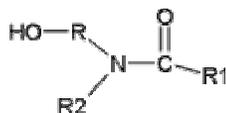
Este tipo de tensioactivos se divide en seis familias y éstas a su vez en varias subfamilias:

A. Alcoholes

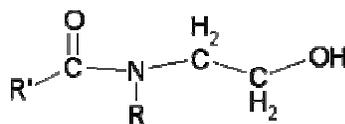


La cadena puede tener de 8 a 18 C

B. Alcanolamidas

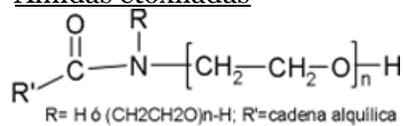


1. Amidas derivadas de las alcanolaminas

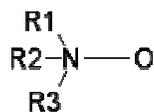


R=H ó CH2CH2OH, R'=cadena alquílica

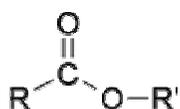
2. Amidas etoxiladas



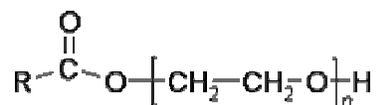
C. Óxidos de aminas



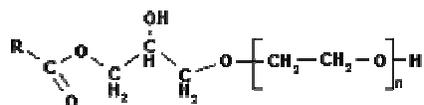
D. Ésteres



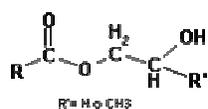
1. Ácidos carboxílicos etoxilados



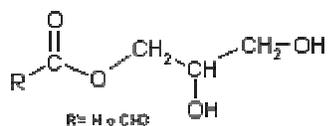
2. Glicéridos etoxilados



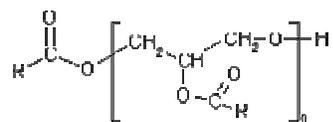
3. Ésteres de glicol y derivados



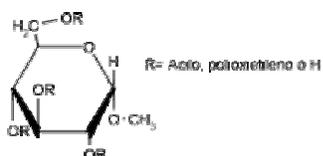
4. Monoglicéridos



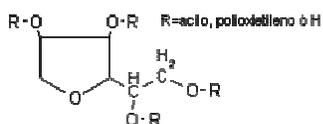
5. Poligliceril ésteres



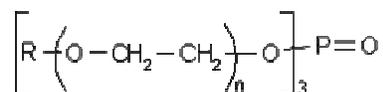
6. Ésteres y éteres de polialcoholes



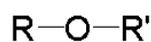
7. Ésteres del sorbitan/sorbitol



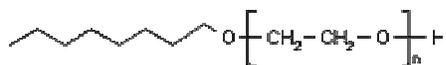
8. Triésteres del ácido fosfórico



E. Éteres

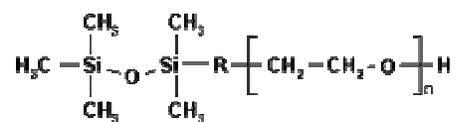


1. Alcoholes etoxilados

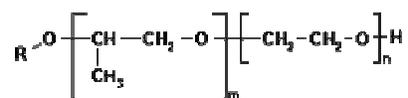


La cadena puede tener de 8 a 18 C

2. Polisiloxanos etoxilados



3. Éteres de PEG propoxilados



5.4.4 Aplicaciones de los tensioactivos

Para la aplicación del tensioactivo es necesario tomar en cuenta:

1. Las características esenciales de los tensioactivos de que se puede disponer (propiedades físico-químicas y de uso).
2. El fenómeno interfacial implicado en la función a realizar y el papel del tensioactivo en ese fenómeno.
3. Las propiedades químicas de varios tipos de tensioactivos y la relación entre la estructura del tensioactivo y su comportamiento en varios fenómenos interfaciales.

El porcentaje más elevado de su utilización está en las formulaciones detergentes de aplicación doméstica y el resto se utiliza en un campo industrial muy variado, dadas las características multifuncionales de los agentes tensioactivos⁽⁵⁾, figura 8.

INDUSTRIA	CAMPOS DE APLICACIÓN
Alimentaria	<ul style="list-style-type: none"> • Emulsionantes. • Humectantes • Antiespumantes
Curtidos	<ul style="list-style-type: none"> • Humectación. • Desengrase. • Tintura. • Engrase.
Pintura, laca y tinte	<ul style="list-style-type: none"> • Dispersión de pigmentos. • Modificadores de fluidez. • Emulsionantes de resinas
Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> • Emulsificación de plaguicidas. • Humectación y dispersión. • Emulsiones oleosas.
Cosmética	<ul style="list-style-type: none"> • Emulsiones de cremas cosméticas. • Shampoo, gel y baño de ducha. • Jabones de tocador. • Solubilizantes de perfumes.
Detergentes	<ul style="list-style-type: none"> • Detergentes en polvo para colada. • Sanitarios. • Productos lavavajillas. • Limpiadores de alfombras.
Papelera	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminación de espuma de la pulpa. • Emulsionante de ceras. • Reutilización del papel.
Petróleo y derivados	<ul style="list-style-type: none"> • Ruptura de emulsiones. • Eliminación de mareas negras.
Plásticos y gomas	<ul style="list-style-type: none"> • Agentes antielectrostáticos. • Controladores de olor.
Textiles	<ul style="list-style-type: none"> • Suavizantes y lubricantes. • Aceites. • Jabones para limpieza en seco.

Figura 8.- Campos de aplicación de los tensioactivos.

5.5 DETERGENCIA

Un detergente es un producto especialmente formulado para la limpieza mediante un proceso que desarrolle fenómenos de detergencia, definición oficial dada por la Norma Internacional ISO 862-1984 de la Organización Internacional de Normalización (ISO).

La detergencia es un proceso por el cual las suciedades son separadas del sustrato sobre el que estaban retenidas y puestas en estado de disolución o dispersión. El efecto de limpieza que se logra mediante la aplicación de un detergente no se debe tan sólo a la acción del tensioactivo por sí mismo, sino a la adecuada combinación de distintos efectos que actúan sobre el sustrato sucio, para que se produzca el proceso de detergencia, un sustrato que se desea limpiar, la suciedad adherida a él que va a ser eliminada y un agente de limpieza, el detergente, que normalmente se aplica disuelto en agua, figura 9.

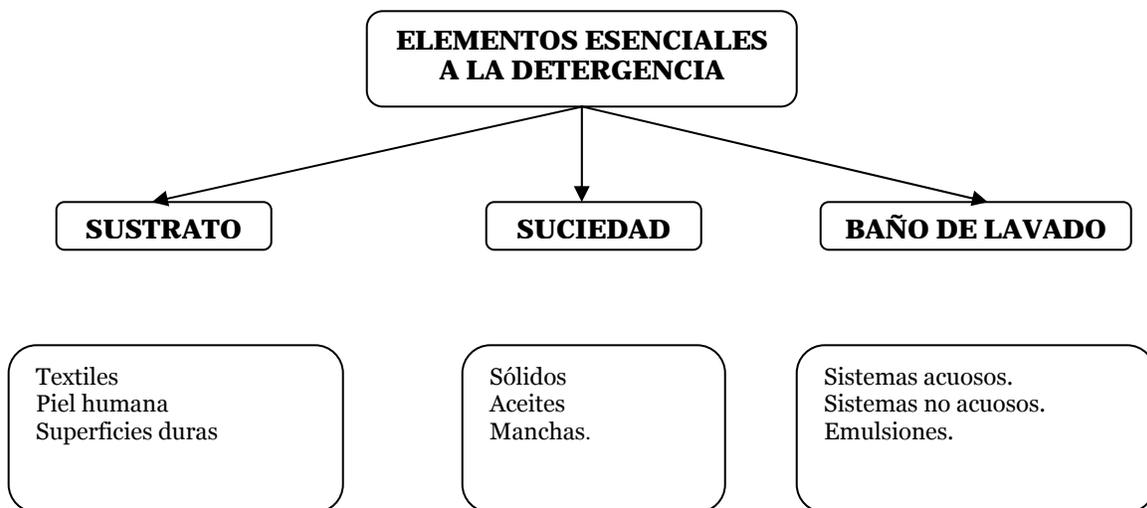


Figura 9.- Elementos esenciales de la detergencia

En el proceso detergencia cabe considerar tres etapas fundamentales:

1. Separación de la suciedad.
2. Estabilización, por el baño de lavado, de la suciedad ya separada.
3. Enjuagado del sustrato después de retirar el baño con la suciedad estabilizada.

Existen unos parámetros físicos que influyen en la eficacia del proceso detergente tales como temperatura de los baños, agitación mecánica, duración de las etapas de lavado y enjuagado. En general, la suciedad, sea cual sea su naturaleza, permanece retenida sobre el sustrato mediante fuerzas de tipo de van der Waals. A veces, ciertas fuerzas de quimisorción contribuyen a estabilizar la retención de la suciedad sobre el sustrato, como es el caso de las fibras celulósicas, cuyos grupos hidroxilo forman fácilmente enlaces de hidrógeno con proteínas y ácidos grasos. Las fuerzas de atracción electrostática que actúan entre sustrato y suciedad son pequeñas, sobre todo cuando el sustrato sucio entra en contacto con un baño de elevada constante dieléctrica.

Las energías de interacción dependientes de las fuerzas de Van Der Waals entre moléculas pertenecientes a una misma fase, o a fases diferentes, dependen de la distancia que las separa. Para un sistema ideal, la curva de variación de la energía potencial entre una partícula de suciedad y el sustrato sucio en función de la distancia que los separa, Figura 10⁽⁵⁾. Esta curva es la resultante de otras dos: la de las fuerzas repulsivas, situada en la región positiva del diagrama, y la de las fuerzas atractivas, situada en la región negativa del mismo. Los valores absolutos de ambas fuerzas disminuyen paulatinamente al aumentar la distancia. Se toma como energía potencia cero la correspondiente a una distancia infinita, por la cual son nulas las fuerzas de interacción.

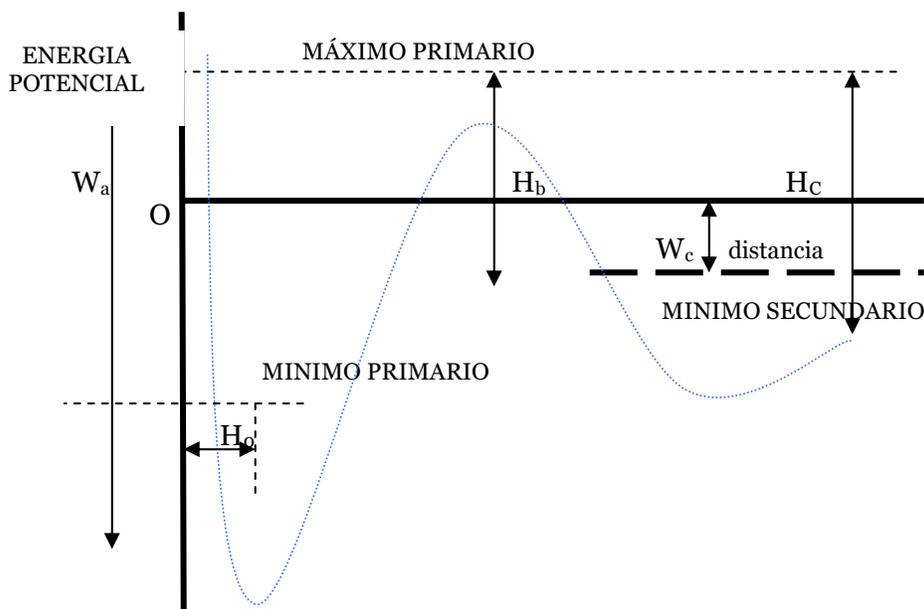


Figura 10.- Fuerzas de Van Der Waals.

En los puntos de pendiente negativa las fuerzas son de repulsión, mientras que, en los de pendiente positiva, las fuerzas son atractivas. La partícula de suciedad retenida por el sustrato se encuentra en equilibrio estable cuando está separada del mismo por la distancia H_0 correspondiente al mínimo primario de energía potencial. Para separar la partícula se requiere comunicar una energía superior a la barrera de potencial para la detergencia W_a , es decir, superior a la necesaria para remontar el máximo primario situado a la distancia H_b las fuerzas de interacción son repulsivas, produciéndose espontáneamente su alejamiento mutuo. Al situarse la partícula en el mínimo secundario, a la distancia H_c , se establece un nuevo estado de equilibrio estable; pero la energía potencial W_c es muy pequeña, quedando fácilmente superada por las agitaciones térmicas y mecánicas existentes en el baño de lavado.

Las moléculas o iones anfífilos, al adsorberse selectivamente sobre las interfases del sustrato y de las partículas de suciedad en contacto con el baño de lavado, reducen muy considerablemente la barrera de energía potencial W_a , facilitando total, o al menos parcialmente, la separación de las partículas de suciedad.

5.5.1 Eliminación de suciedades sólidas

La eliminación de partículas sólidas de suciedad cuyo tamaño resulta ser muy variable, se efectúa mediante una etapa inicial de humectación para el complejo sustrato-suciedad, al entrar en contacto con el baño de lavado, favorecida por la adsorción de las moléculas e iones anfífilos sobre las interfases sólido-líquido.

En el caso de artículos textiles, la eliminación de burbujas de aire ocluidas entre las fibras facilita mucho el mojado total de las mismas. El tensioactivo, al reducir la tensión superficial del baño de lavado, favorece mucho su penetración en el entramado de las fibras y, por ello, se facilita asimismo el contacto del baño con las suciedades allí retenidas.

5.5.2 Eliminación de suciedades líquidas

La eliminación de suciedades líquidas, las cuales son fundamentalmente de naturaleza oleosa poco polar e insolubles en agua, implica mecanismos de modificación de las áreas interfaciales existentes.

- a. Entre la suciedad oleosa y la región del sustrato sólido donde está retenida.
- b. Entre la suciedad y el baño de lavado.
- c. Entre el baño y el sustrato.

Un sustrato sólido (S), parcialmente cubierto por una gota de fase oleosa (O), se pone en contacto con un medio acuoso (W) que no desplaza totalmente la gota oleosa en contacto con el sustrato. El estado de equilibrio se alcanza cuando en el esquema de una sección del sistema que pasa por el eje de la gota, figura 11⁽⁵⁾.

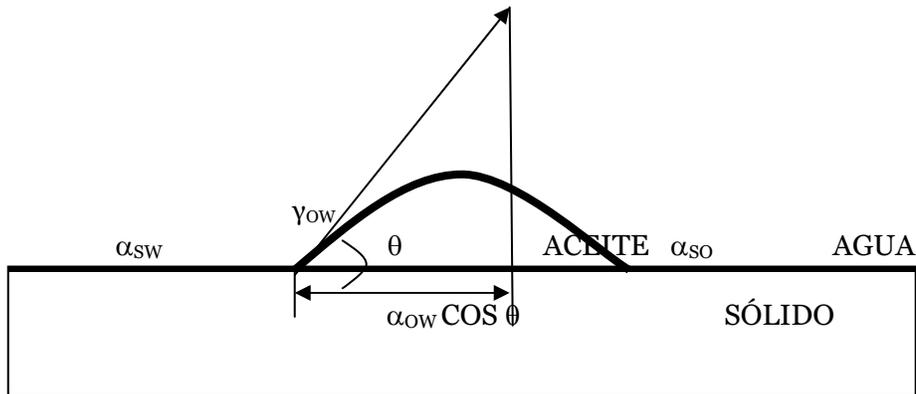


Figura 11.- Gota de aceite, rodeada por una fase acuosa, sobre un soporte sólido.

Si el medio acuoso no contiene tensioactivos, el valor del ángulo θ , en el estado de equilibrio, es próximo a cero, por ser pequeño el valor de γ_{so} con respecto a los de γ_{sw} y de γ_{ow} , a consecuencia de la gran afinidad existente entre la gota oleosa y el sustrato. Si se incorpora una pequeña cantidad de tensioactivo poco soluble en la fase oleosa, el valor del ángulo θ , en el estado de equilibrio, aumenta; pues γ_{so} apenas varía, mientras que γ_{sw} y γ_{ow} disminuyen. Por consiguiente, la gota oleosa presenta menor superficie de contacto que el sustrato.

Si se sigue aumentando la concentración del tensioactivo, el valor del ángulo θ , en el equilibrio, aumenta, y puede alcanzar los 180° , quedando entonces la gota separada del sustrato sólido, es decir, rolled-up en forma prácticamente esférica.

5.5.3 Mecanismos para evitar la redistribución

Las partículas de suciedades sólidas, así como las gotas de suciedades oleosas, ya separadas del sustrato, tienen que mantenerse establemente dispersas en el interior del baño de lavado, hasta que este haya sido retirado del contacto con los sustratos ya limpios. Esto se consigue preferentemente mediante efectos electrostáticos y de solubilización.

5.5.4 Principales ingredientes de los detergentes

Un detergente está formado por uno o varios tensioactivos, que constituyen la materia activa, y por un conjunto de componentes complementarios, entre los que pueden mencionarse: coadyuvantes o builders, aditivos y auxiliares de presentación, figura 12⁽⁵⁾.

- Agente tensioactivo o "surfactante": Es el componente que realiza un papel similar al del jabón. Facilita la tarea del agua al conseguir que esta moje mejor los tejidos. Separa la suciedad de los tejidos e impide que esta se deposite de nuevo.
 - Aniónicos: son los más utilizados a nivel doméstico.
 - Catiónicos: tienen propiedades desinfectantes, aunque no lavan tan bien.
 - No-Iónicos: empleados con frecuencia para vajillas, no forman mucha espuma.
 - Anfotéricos: utilizados en shampoo y cremas para usar sobre la piel.

- Agente coadyuvantes: Ayudan al agente tensioactivo en su labor.
 - Polifosfatos: ablandan el agua y permiten lavar en aguas duras.
 - Silicatos: solubles: ablandan el agua, dificultan la oxidación sustancias como el acero inoxidable o el aluminio.
 - Carbonatos: ablandan el agua.

- Agente aditivo: Es un agente complementario que aporta propiedades ajenas a la acción detergente específica.
 - Blanqueantes fluorescentes: Tienen la propiedad de absorber radiaciones ultravioleta invisible, parte de cuya energía la emiten luego en forma de radiaciones de color azul.
 - Blanqueantes químicos: Son productos que desprenden oxígeno y mejoran la eficacia detergente así como la eliminación de manchas.
 - Perboratos: Blanquea manchas obstinadas.
 - Enzimas: Rompen las moléculas de proteína, eliminando manchas de restos orgánicos como leche, sangre, etc.
 - Perfumes: El perfume sirve para comunicar un aroma distinto a cada marca de detergente, así como para enmascarar los olores poco gratos del baño de lavado.

- Agentes auxiliares de presentación
 - Sulfato de sodio: evita que el polvo se apelmace facilitando su manejo.

Las proporciones en que los distintos componentes entran en la composición de un detergente medio podrían ser de forma aproximada la siguiente:

- a) tensioactivo (~15%)
- b) polifosfato + silicato (~30%)
- c) perborato sódico (~20%)
- d) fluorescente (~0.1%)
- e) sulfato sódico (~20%)
- f) enzimas (~0,5%)
- g) agua (~15%)

5.5.5 Los detergentes y el medio ambiente

Los principales factores que gobiernan el destino de un compuesto químico y que determinarán su concentración potencial en el medio ambiente son:

- El tonelaje de producción del compuesto y, particularmente, el volumen desaguado.
- Las vías de distribución y el modelo de desagüe en el medio ambiente.
- La velocidad de eliminación del entorno ambiental.
- La dispersión y dilución del compuesto en el medio receptor⁽⁵⁾.

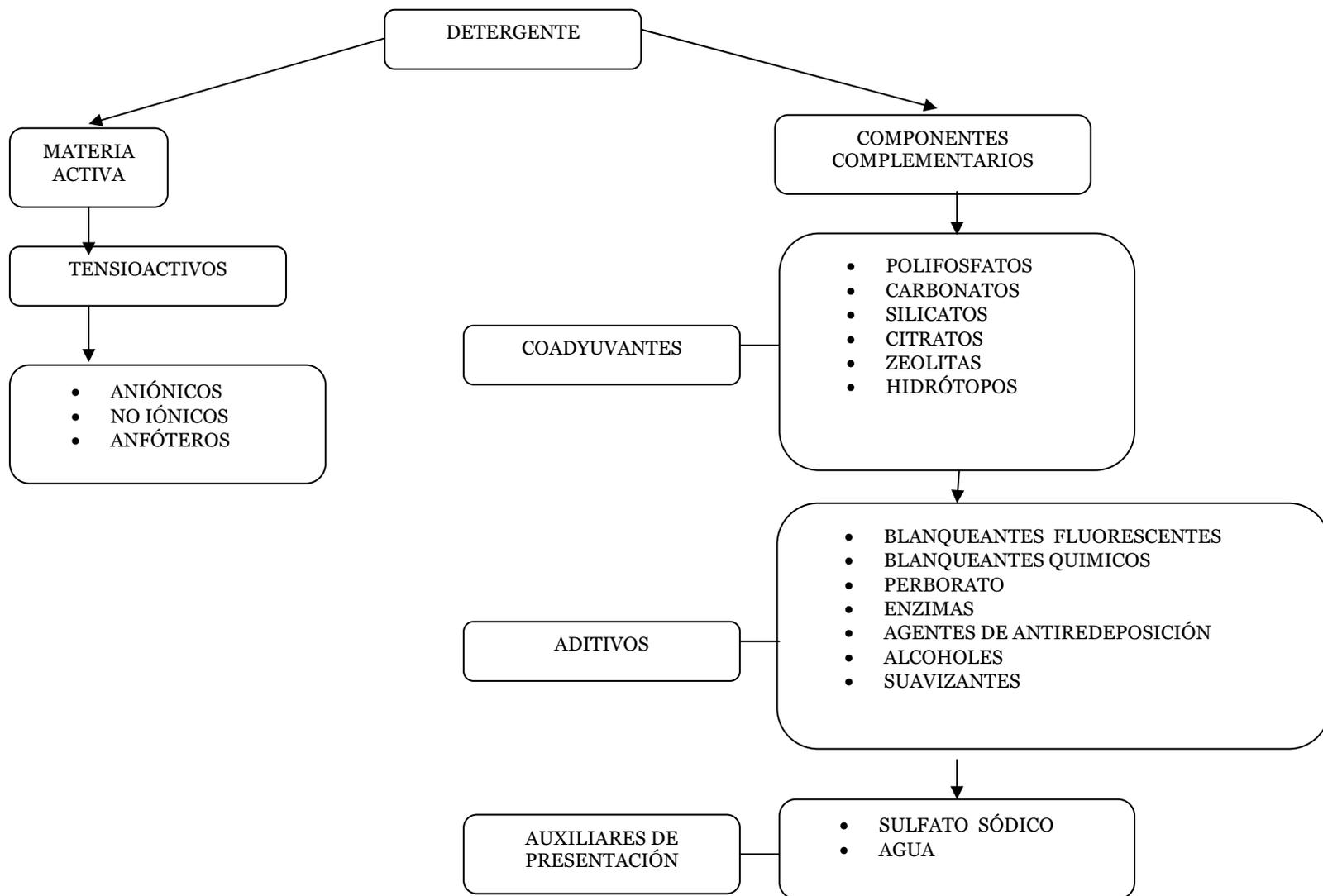


Figura 12.

5.5.6 Biodegradabilidad de tensioactivos

La biodegradación se define como la destrucción de un compuesto químico por la acción biológica de organismos vivos. En el caso de los tensioactivos, como moléculas a degradar, los organismos vivos son los microorganismos de los diversos medios que reciben las aguas residuales, principalmente las bacterias, que son capaces de alimentarse de una gran variedad de compuestos orgánicos.

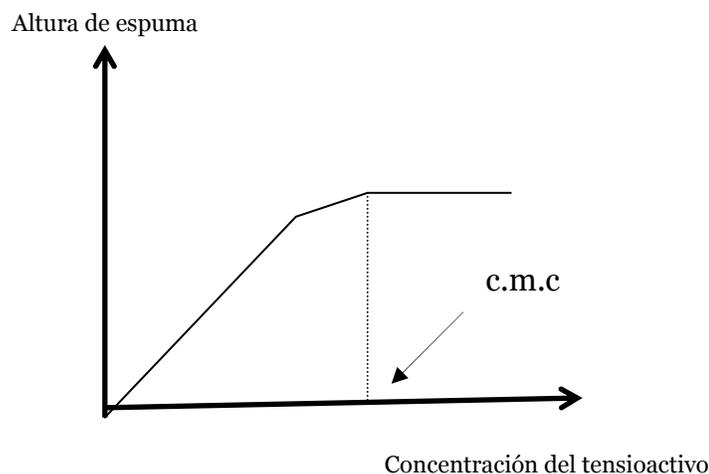
- Biodegradación primaria: Esta se entiende por una oxidación o modificación de la molécula del tensioactivo, de forma tal que vayan desapareciendo las propiedades tensioactivas, o bien no pueda detectarse la molécula por los medios analíticos específicos.
- Biodegradación total o última: Se considera como la destrucción total de la molécula de un compuesto químico, de forma que se convierta toda en CO₂, agua, sales inorgánicas y otros productos asociados al metabolismo normal de las bacterias.
- Biodegradabilidad fácil o rápida y biodegradabilidad intrínseca: Estos términos se aplican respectivamente, a un compuesto que empieza a degradarse inmediatamente después de ponerlo en contacto con una determinada población microbiana, o bien a un compuesto cuya biodegradación no empieza hasta que dicha comunidad microbiana se haya aclimatado al compuesto, lo que ocurre tras un determinado tiempo.

5.5.7 Parámetros indicativos

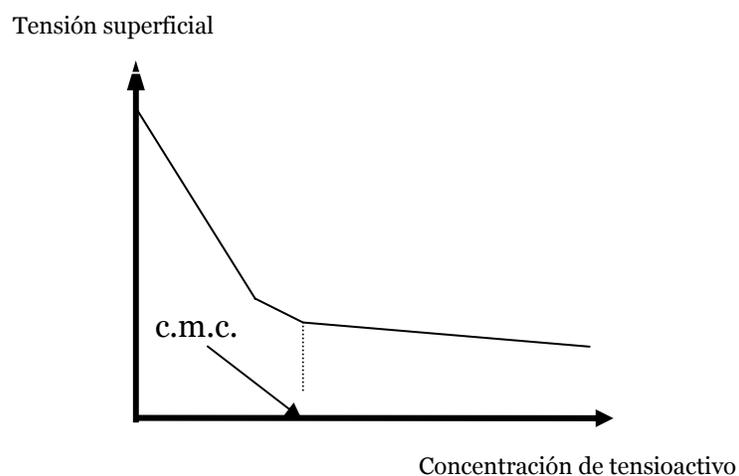
Las variaciones importantes del contenido de materias orgánicas en el agua, nitrógeno, nitritos, nitratos, fosfatos y amoníaco, pueden interpretarse como indicadores eventuales de una mayor o menor contaminación. Existen una serie de parámetros que se aplican al seguimiento de la biodegradación de un compuesto químico que son:

- a. Materia orgánica: Este parámetro indicativo de la degradación biológica, suele determinarse aplicando diversos métodos.
 - D.Q.O. (Demanda Química del Oxígeno). Es la cantidad de oxígeno (mg/l) consumida en la oxidación, tanto de las sales minerales oxidables como de la mayor parte de los compuestos orgánicos, biodegradables o no biodegradables. El ensayo más generalizado y admitido es el de la oxidación con dicromato potásico en medio ácido. En una muestra de agua en la que toda la materia orgánica sea biodegradable, se tendrá una relación DQO/DBO = 1. Si por el contrario, el agua contiene materias orgánicas difícilmente biodegradables, se tendrá una relación DQO/DBO > 1.

- D.B.O. (Demanda Biológica de Oxígeno). Es la cantidad de oxígeno (mg/l) consumida en las condiciones del ensayo durante un tiempo determinado, como consecuencia de la oxidación por vía biológica de las materias orgánicas biodegradables, presentes en el agua. Convencionalmente se admite como valor indicativo de contaminación orgánica el valor de la DBO_5 , es decir, la correspondiente a un ensayo de 5 días de incubación.
 - T.O.C. (Carbono Orgánico Total). En lugar de valorar el consumo de oxígeno en la oxidación de la materia orgánica, se puede valorar el gas carbónico producido por calcinación de una micro-muestra de agua. Hoy día existe una variedad de aparatos que permiten determinar de forma simple, rápida y en paralelo, el contenido de un agua en carbono inorgánico y carbono total, con lo que por simple diferencia se determina el valor del T.O.C.
 - D.O.C. (Carbono Orgánico Disuelto). Por lo general en las aguas residuales una parte del carbono orgánico se encuentra en suspensión y, por tanto, es sedimentable directamente. El resto se encuentra en forma coloidal, que requiere un tratamiento adecuado para su floculación y sedimentación⁽⁵⁾.
- b. Crecimiento de bacterias: La multiplicación de bacterias en el medio de cultivo en que se realiza el ensayo de biodegradación, conlleva un aumento inequívoco de la turbidez del mismo. Otra alternativa para comprobar o realizar el seguimiento de la degradación consiste en el método de la placa, “sembrando” una fracción del medio de cultivo en cuestión en una cápsula Petri, que contiene nutrientes y tras la incubación, se procede al recuento de colonias resultantes.
- c. Capacidad de espumación: De acuerdo con la figura, se puede observar que la espuma formada a partir de una disolución de tensioactivo, se estabiliza una vez superada la concentración micelar crítica (c.m.c) del tensioactivo.



- d. Tensión superficial: En el caso de la tensión superficial, también se estabiliza el valor de la tensión superficial, una vez superada la c.m.c. del tensioactivo. Puesto que las concentraciones de tensioactivos en los ensayos de biodegradación son muy inferiores a los de su c.m.c., en teoría, debería apreciarse una subida de la tensión superficial a medida que avanza el proceso de biodegradación, como resultado de una disminución de la concentración de tensioactivo en el medio de cultivo⁽⁶⁾.



6. JUSTIFICACIÓN

Debido a los problemas ecológicos existentes a nivel mundial, se ha tratado de implementar procesos para contrarrestar la contaminación de los mantos acuífero buscando productos que no resulten nocivos para tal recurso natural.

En la industria textil este recurso es muy utilizado, por tal motivo la presente investigación aborda el tema de detergentes, que es uno de los principales contaminantes del agua, versa principalmente en hallar productos tensioactivos para darle una transformación adecuada, efectuando formulaciones constituidas por mezclas de estos, con el objeto de conseguir mejoras en ellos respecto al comportamiento individual de los mismos.

La detergencia se utiliza para describir la acción efectuada de los tensioactivos consistente en eliminar la suciedad adherida a los objetos o a la piel de los seres vivos.

No obstante, el efecto de limpieza se logra mediante la aplicación de un detergente, no se debe a la acción del tensioactivo por si mismo, sino a la adecuada combinación de distintos efectos que actúan sinérgicamente sobre el sustrato sucio.

La gran variedad de productos para la limpieza comercializados, unida al elevado incremento que experimenta su consumo, propicia un aumento de la frecuencia de incorporación de los mismos a las aguas de los vertidos domésticos e industriales, existiendo un gran peligro de afectar negativamente la calidad de las aguas. Los productos detergentes se producen a escala mundial con un considerable tonelaje y la producción se elimina a través de los sistemas domésticos de canalización de aguas residuales; por lo tanto, se produce una amplia dispersión de los mismos en el entorno acuático. Por consiguiente, los nuevos componentes que se incorporen a una formulación detergente deberán experimentar una serie de controles analíticos para asegurar que sea ecológicamente aceptable.

Los tensioactivos han sido objeto de una atención especial, ya que pueden inducir una relativa toxicidad sobre las especies que viven en un entorno acuático y pueden ocasionar problemas de espuma.

7. OBJETIVOS

El objetivo de éste proyecto, es determinar la influencia que tienen los componentes de un detergente en el sangrado y decoloración de una muestra de algodón teñida y sin teñir.

Son indispensables diversos tipos de componentes en el proceso del lavado, no obstante, como es bien sabido, el problema de contaminación de agua es un problema mundial que tenemos que eludir, es por eso que en este trabajo, emplearemos componentes detergentes biodegradables favoreciendo el medio ambiente, para ello se evaluarán formulaciones detergentes ecológicas.

Se realizarán diferentes ensayos para determinar el poder detergente en casos distintos, utilizando colorantes directos en colores básicos como el anaranjado, rojo y azul; así también el uso de manchas como vino tinto, café, zumo de frutas del bosque y ácido oleico.

Como es bien sabido un detergente tiene diferentes componentes, entre ellos la materia activa, que son los tensioactivos cuya función es disminuir la tensión superficial e interfacial, entre otras propiedades, utilizaremos dos tipos de tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic y Glucopón). Emplearemos agentes blanqueantes para el lavado, como Percarbonato Sódico, Mykon ATC White y Carbonato Sódico; agentes secuestrantes y dispersantes como el Tripolifosfato Sódico; un sustituto del fosfato en las fórmulas detergentes como es la Zeolita A y una enzima cuya función es destruir proteínas, grasas, etc., cuyo nombre comercial es Baysalex. Se harán mezclas de éstos compuestos con concentraciones diferentes bajo condiciones de lavado específicas.

En los resultados de los ensayos se muestra la influencia detergente y sus diferencias entre una mezcla de componentes y otra en distintas aplicaciones.

8. PARTE EXPERIMENTAL

8.1 Materiales. Características de los tejidos utilizados

8.1.1 Algodón

- Composición: 100% algodón.
- Densidad: Urdimbre 30 hilos/cm.
Trama 22 hilos/cm.
- Número de hilo: Urdimbre 28 tex.
Trama 46 tex.
- Masa: 181 g/m².
- Ligamento: Tafetán.

8.1.2 Multifibra Style 42

- Diacetato.
- Algodón.
- Poliamida.
- Poliéster.
- Poliacrílica.
- Lana.

8.2 Productos

8.2.1 Colorantes

Los colorantes utilizados, son colorantes directos de la casa DyStar, que son:

1. Anaranjado Sirius GGL.
2. Rojo Sirius 4B.
3. Sirius Royal Blue S.

8.2.2 Sales

Las sales utilizadas provienen de la casa Panreac y Foret respectivamente:

1. Percarbonato Sódico. Agente blanqueante para los detergentes y en los productos de limpieza doméstica, componente de los aditivos blanqueantes para el lavado de ropa.
 - Fórmula química: $2\text{Na}_2\text{CO}_3$.

- Masa molar: 314.6 g/mol.
 - Solubilidad en agua: 150 g/l a 20°C⁽¹¹⁾ (V).
2. Sulfato Sódico. Agente de relleno para detergentes sólidos. Evita el apelmazamiento, mejora sus propiedades de escurrido y controla la densidad del producto final.
 - Fórmula química: Na₂SO₄.
 - Masa molar: 142.04 g/mol.
 - Solubilidad en agua: 16.2 g/l a 20°C⁽¹¹⁾ (V).
 3. Tripolifosfato sódico (TPFS). Componente básico. Secuestrante y dispersante. Impide que la suciedad vuelva a depositarse sobre la ropa.
 - Fórmula química: Na₅O₁₀P₃.
 - Masa molar: 367,91 g/mol.
 - Solubilidad en agua: 18.1 g/L a 25°C.
25.6 g/L a 90°C⁽¹¹⁾ (V).
 4. Carbonato sódico.
 - Formula química: Na₂CO₃.
 - Masa molar: 314.6 g/mol.
 - Solubilidad en agua: 150 g/L a 20 °C⁽¹¹⁾.

8.3 Productos componentes del lavado

1. Dodecilbenzenosulfonato sódico 80% (BDH): Es un tensioactivo aniónico.
 - Formula química: C₁₈H₂₉NaO₃S
 - Masa molar: 348.5 g/mol.
2. Synperonic 91/6: Tensioactivo no-iónico.
3. Glucopón 600: Tensioactivo no-iónico
4. Zeolita A: Es el sustituto de los fosfatos en las fórmulas de detergencia.
Propiedades:
 - intercambio de iones polivalentes.
 - reacción alcalina en el medio del lavado.
 - adsorción de suciedades dispersas en el baño de lavado.
5. Mykon ATC White: Es un activador de blanqueo compuesto con TetraAcetilEtilenDiamina (TAED)

8.4 Equipo utilizado

8.4.1 Tin control

Es un aparato de tintura para laboratorio. Sus características permiten hacer ensayos en baño abierto y a alta temperatura (límite: 150 °C).

Este aparato consta principalmente de un regulador automático de agitación y temperatura, de un programador para escalonamiento de tiempo-temperatura y de autoclaves individuales con agitación desde el exterior por sistema magnético.

Características:

- Calefacción: por resistencias eléctricas en un baño de polietilenglicol.
- Refrigeración: por circulación de agua en cámara de refrigeración.
- Muestras: desde 3 a 60 gr. El peso de muestra más adecuado y conveniente es de 10 g.
- Relación de baño: de 1/20 a 1/50 con agitación.

8.4.2 Espectrofotómetro

El funcionamiento del espectrofotómetro es: la luz de una fuente continua pasa a través de un monocromador, que selecciona una banda estrecha de longitudes de onda del haz incidente. Esta luz “monocromática” atraviesa una muestra de espesor b , y se mide la potencia radiante de la luz que sale. Es necesario calibrar el espectrofotómetro con un blanco antes de medir las absorbancias de la disolución problema. Esta celda o cubeta de referencia sirve para compensar los efectos de reflexión, dispersión o absorción de luz de la celda con el disolvente.

El espectrofotómetro está conectado a un ordenador. El operador puede utilizarlo mediante el programa UV-CAMSPEC.

8.4.3 Colorímetro

La utilización de un colorímetro viene dada por la necesidad de determinar el porcentaje de colorante extraído una vez lavadas todas las muestras. Se utilizó también para comparar los tejidos teñidos con un mismo color.

Durante el proyecto se ha utilizado colorímetro MACBETH (division of Kollorgen Instruments Corporation). En él la luz reflejada por la muestra o por el blanco atraviesa una serie de tres filtros que sólo dejan pasar luz de un reducido intervalo de longitud de onda.

8.4.4 Launder-ometer

Es un aparato utilizado para los ensayos de solidez del color en el laboratorio del fabricante ATLAS ELECTRONIC DEVICE. Puede tener hasta 20 botes para las distintas muestras. Tiene una minutaría y resistencias eléctricas para calentar los botes mediante agua. Los botes están colocados sobre un eje que esta entrenado por un motor y da vuelta durante el proceso.

8.4.5 Microscopio electrónico. JSM-5610 Scanning Electron Microscope

Este equipo nos permite observar una detallada visión de 125mm de diámetro de una muestra recubierta (principalmente con oro-paladium) con movimientos X, Y y R de la superficie de la muestra ayudado por un ordenador que contiene Windows 2000, todas las operaciones realizadas para dicha observación pueden ser manipuladas con el ratón de la PC.

8.5 Métodos operativos

8.5.1 Lavado previo del algodón

Es necesario hacer un lavado previo al algodón antes de teñirlo, el lavado se hace bajo las siguientes condiciones:

- Lavadora Miele, capacidad 19 litros.
- Temperatura de lavado: 30°C.
- Tiempo de lavado: 30 minutos.
- Cantidad de detergente: 2 g/l.
- Detergente utilizado: ECE Colour Fastness Test Detergent 77. Basado en la norma ISO 105-CO6.

8.5.2 Tintura

Para teñir las muestras de algodón es necesario hacerlo bajo las siguientes condiciones:

- Colorante: 3% s.p.f.
- R/B: 1/5.
- Na₂SO₄: 15% s.p.f.
- Temperatura: 95°C.
- Tiempo: 1 hora.

8.5.3 Fijación

Después de la tintura, es necesario hacer una fijación bajo las siguientes condiciones:

- Sandozina: 0.5% s.p.f.
- Sirius A: 2% s.p.f.
- Temperatura: 30-40° C.
- R/B: 1/30.
- pH: 5-6.
- Tiempo: 20 min.

Terminando estos procesos de tintura y fijación se hace un enjuague con agua blanda hasta que el colorante salga totalmente de la fibra.

8.6 Rectas de calibración

Es necesario el conocimiento de la concentración del colorante durante la tintura para ello es necesario obtener las rectas de calibración de cada colorante utilizando el espectrofotómetro, así podremos determinar la concentración de colorante adecuada a partir de la recta de calibración.

Existiendo una relación lineal entre absorbancia y concentración se procede a hacer la medición, tomando 5 muestras de colorante a diferentes concentraciones, se miden en el espectrofotómetro y el resultado obteniendo serán curvas que indican la longitud de onda máxima de absorción de dicho colorante.

Las mediciones realizadas fueron para 3 colorantes:

1. Rojo Sirius 4B cuya longitud de onda de absorción máxima es 520 nm.
2. Anaranjado Sirius GGL cuya longitud de onda de absorción máxima es 430 nm.
3. Sirius Royal Blue S cuya longitud de onda de absorción máxima es 590 nm.

A continuación se muestran las tablas y rectas de calibración obtenidas para cada colorante:

Tabla 1.- Relación concentración/absorbancia del colorante Rojo Sirius

Concentración	Absorbancia
0	0
0.01	0.433
0.02	0.839
0.03	1.204
0.04	1.55
0.05	1.82

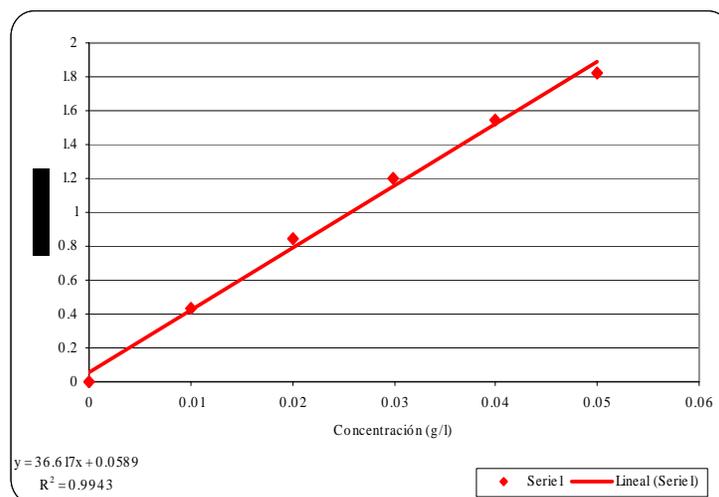


Figura 13.- Absorbancia y concentración del colorante Rojo Sirius 4B.

Tabla 2.- Relación concentración/absorbancia del colorante Sirius Royal Blue

Concentración	Absorbancia
0	0
0.2	0.563
0.4	1.132
0.6	1.521
0.8	1.849
1	1.994

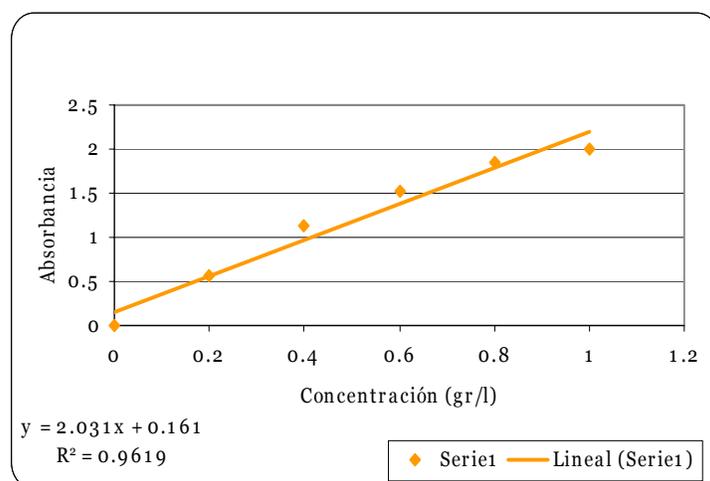


Figura 14.- Absorbancia y concentración del colorante Anaranjado Sirius.

Tabla 3.- Espectro

Concentración	Absorbancia
0	0
0.1	0.385
0.2	0.735
0.3	1.247
0.4	1.678
0.5	1.993

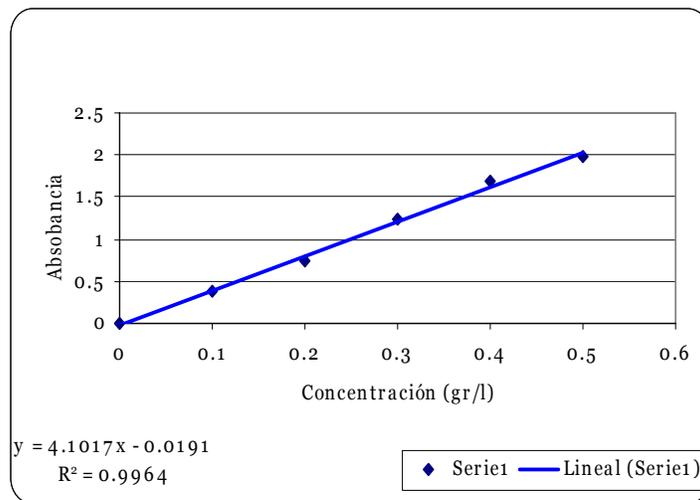


Figura 15.- Absorbancia y concentración del colorante Sirius Royal Blue S.

9. RESULTADOS Y DISCUSIONES

9.1. Variación de color en función de sus ingredientes

Una vez obtenido los datos de concentración del colorante, se han realizado cinéticas de los colorantes utilizados, para observar la influencia que tienen los tensioactivos, blanqueantes ópticos, enzimas, etc., en la degradación del colorante, teniendo relación el tiempo y la concentración. A continuación se muestran los resultados obtenidos de dicho estudio:

Tabla 4.- Degradación del colorante Rojo Sirius, Sirius Royal Blue y Anaranjado Sirius en función de la concentración y el tiempo

TIEMPO (MIN)	ROJO	AZUL	ANARANJADO
0	0.014	0.169	0.218
1	0.013	0.155	0.213
3	0.013	0.160	0.220
5	0.015	0.160	0.217
10	0.014	0.154	0.219
15	0.015	0.162	0.216
30	0.011	0.152	0.201
45	0.012	0.157	0.199
60	0.012	0.149	0.219
120	0.013	0.174	0.207

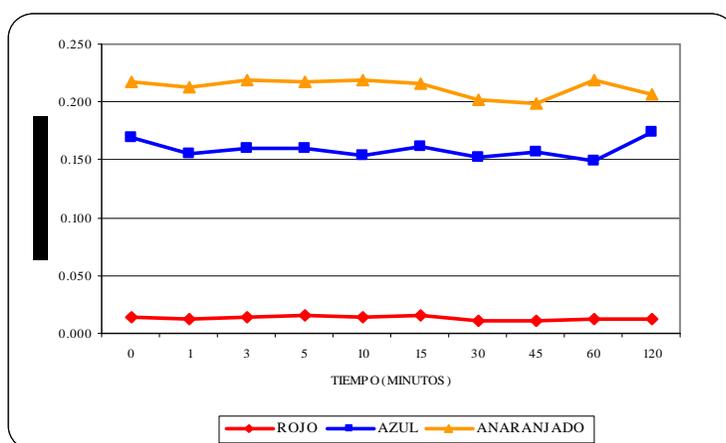


Figura 16.- Concentración en función del tiempo del colorante Rojo Sirius 4B, Anaranjado Sirius GGL y Sirius Royal Blue S con 24 g/l de Perborato Sódico y 1.8 g/l de Mykon.

Observamos en la figura 16 que la influencia que tienen los componentes del lavado en el colorante Rojo Sirius 4B, es insignificante, teniendo mayor influencia de degradación en los colorantes Anaranjado Sirius GGL y Sirius Royal Blue S.

Tabla 5.- Degradación del colorante Rojo Sirius, Sirius Royal Blue y Anaranjado Sirius en función de la concentración y el tiempo

TIEMPO (MIN)	ROJO	AZUL	ANARANJADO
0	0.019	0.150	0.215
1	0.018	0.147	0.208
3	0.019	0.153	0.208
5	0.019	0.159	0.209
10	0.019	0.151	0.205
15	0.019	0.146	0.208
30	0.016	0.143	0.200
45	0.016	0.144	0.199
60	0.016	0.141	0.205
120	0.015	0.147	0.204

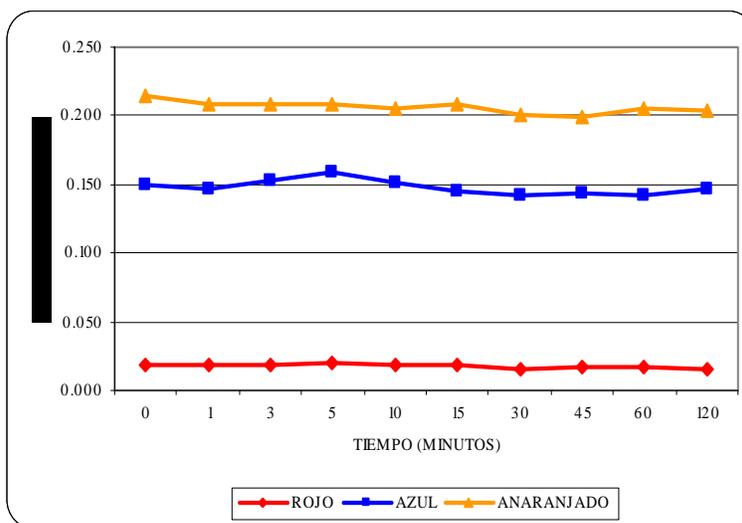


Figura 17.- Concentración en función del tiempo del colorante Rojo Sirius 4B, Anaranjado Sirius GGL y Sirius Royal Blue S con 12 g/l de Perborato Sódico y 0.9 g/l de Mykon.

Se ha probado bajar la concentración de Perborato Sódico y Mykon para ver la diferencia de su influencia en el colorante, se observa en la figura 17 que el resultado que obtuvimos fue semejante al de la figura 16 para los tres colorantes utilizados.

Tabla 6.- Degradación del colorante Rojo Sirius, Sirius Royal Blue y Anaranjado Sirius en función de la concentración y el tiempo

TIEMPO (MIN)	ROJO	AZUL	ANARANJADO
0	0.015	0.193	0.412
1	0.016	0.161	0.305
3	0.016	0.170	0.375
5	0.016	0.143	0.321
10	0.016	0.153	0.330
15	0.015	0.179	0.297
30	0.015	0.131	0.292
45	0.014	0.128	0.308
60	0.015	0.134	0.294
120	0.014	0.135	0.276

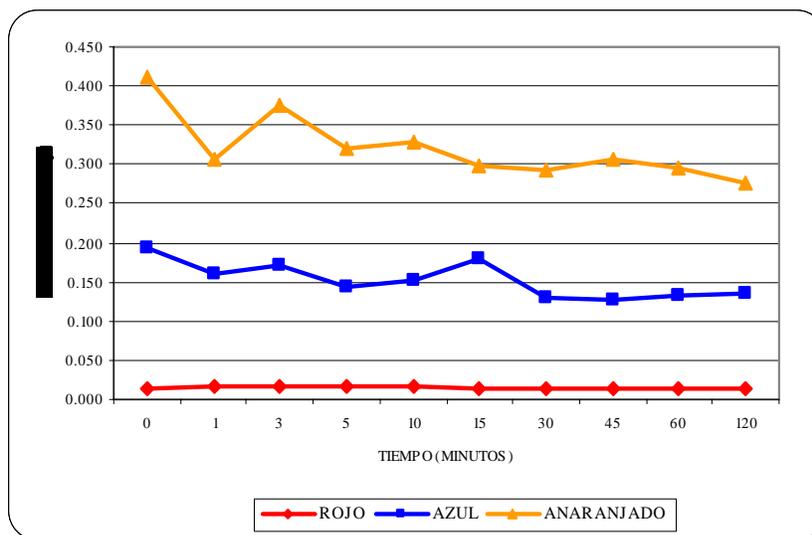


Figura 18.- Concentración en función del tiempo del colorante Rojo Sirius 4B, Anaranjado Sirius GGL y Sirius Royal Blue S con 12 g/l de Percarbonato Sódico y 0.9 g/l de Mykon.

Se optó por cambiar el Perborato Sódico por Percarbonato Sódico para observar la influencia de éste sobre el colorante, además que el Percarbonato es un detergente biodegradable; obteniendo en la figura 18 diferencias visibles en el colorante Anaranjado Sirius GGL y Sirius Royal Blue S a comparación de los resultados obtenidos con el Perborato.

Tabla 7.- Degradación del colorante Rojo Sirius en función de la concentración y el tiempo

TIEMPO (MIN)	CONCENTRACIÓN g/l
0	0.017
1	0.018
3	0.020
5	0.018
10	0.017
15	0.015
30	0.016
45	0.015
60	0.016
120	0.014

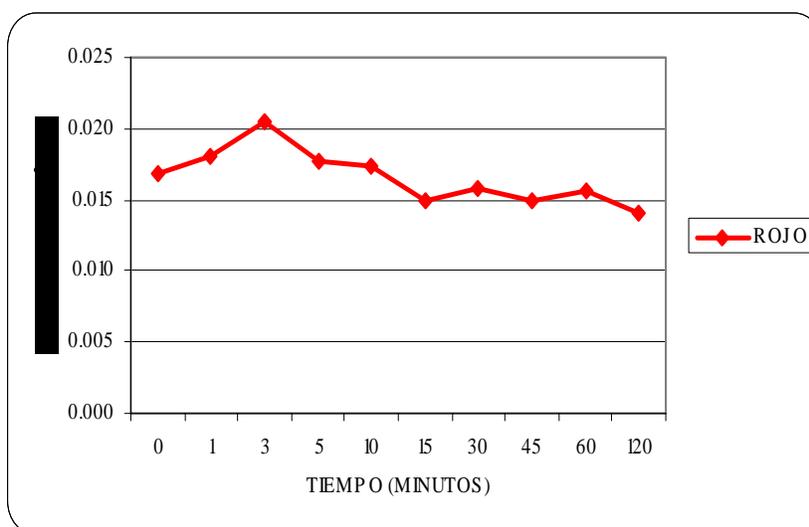


Figura 19.- Concentración en función del tiempo del colorante Rojo Sirius 4B con 24 g/l de Percarbonato Sódico y 1.8 g/l de Mykon.

Se realizó una prueba más solo para el colorante Rojo Sirius 4B, doblando la cantidad de Percarbonato Sódico y Mykon. La consecuencia de la prueba fue que la variación de los resultados es muy semejante a los resultados obtenidos en la figura 18, podemos decir que al aumentar la concentración de estos componentes no se obtienen resultados más favorables que los anteriores.

Tabla 8.- Degradación del colorante Rojo Sirius, Sirius Royal Blue y Anaranjado Sirius en función de la concentración y el tiempo

TIEMPO (MIN)	ROJO	ANARANJADO	AZUL
0	0.020	0.139	0.251
1	0.021	0.150	0.250
3	0.020	0.145	0.256
5	0.020	0.148	0.251
10	0.017	0.148	0.251
15	0.016	0.142	0.228
30	0.014	0.145	0.228
45	0.015	0.144	0.227
60	0.014	0.140	0.232
120	0.018	0.142	0.220

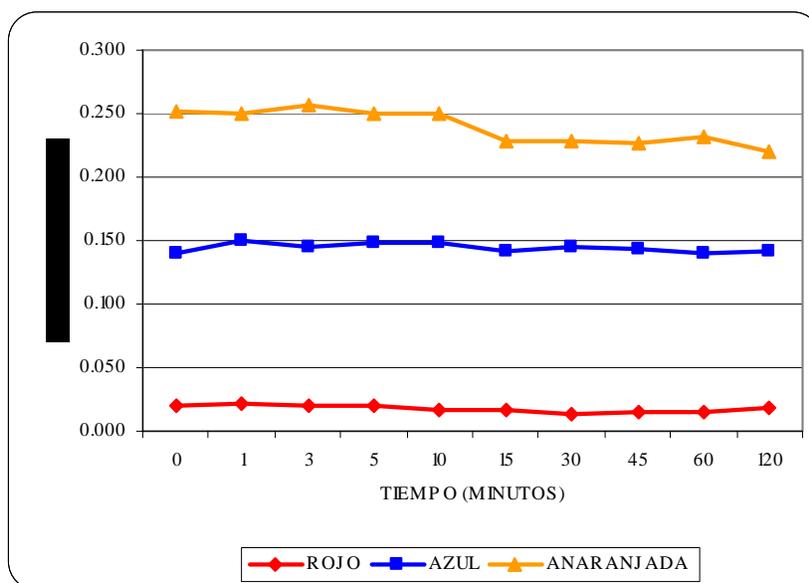


Figura 20.- Concentración en función del tiempo del colorante Rojo Sirius 4B, Anaranjado Sirius GGL y Sirius Royal Blue S con 12 g/l de Perborato Sódico, 0.9 g/l de Mykon y 80 mg/l de Baysalex

Se ha añadido una enzima con la finalidad de ver la influencia que tiene en combinación con los componentes deteritivos, los resultados no muestran gran diferencia puesto que la acción de esta enzima es casi nula.

Tabla 9.- Degradación del colorante Rojo Sirius, Sirius Royal Blue y Anaranjado Sirius en función de la concentración y el tiempo

TIEMPO (MIN)	AZUL	ROJO	ANARANJADO
0	0.179	0.019	0.200
1	0.175	0.021	0.195
3	0.176	0.020	0.196
5	0.178	0.021	0.192
10	0.178	0.020	0.199
15	0.177	0.018	0.181
30	0.180	0.018	0.185
45	0.177	0.018	0.182
60	0.174	0.018	0.182
120	0.174	0.018	0.203

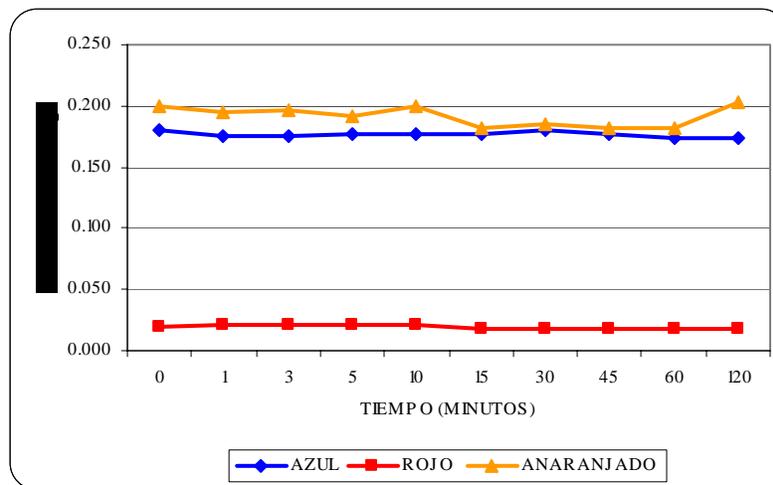


Figura 21.- Concentración en función del tiempo del colorante Rojo Sirius 4B, Anaranjado Sirius GGL y Sirius Royal Blue S con 24 g/l de Perborato Sódico, 1.8 g/l de Mykon y 160 mg/l de Baysolex.

Se probó doblar la cantidad de Percarbonato, Mykon y Baysolex para ver si la influencia en la degradación de color, pero no se obtuvieron los resultados esperados, podemos deducir que el Baysolex no es efectivo para la decoloración.

9.2. Medición de la diferencia de color

A partir de las cinéticas de descomposición de color, observando la influencia de los productos añadidos se pudieron hacer diferentes fórmulas detergentes para los lavados necesarios que permitirán medir la diferencia de color de una muestra teñida y sin teñir. La determinación de la diferencia de color se hace según el sistema CIELAB. Las muestras que serán medidas deben presentar una superficie plana, el tamaño de la muestra debe ser suficiente para que cubra la zona donde el instrumento realiza la medición.

El total de las muestras son 3, midiendo la degradación y sangrado del colorante entre:

- Multifibra después de un lavado y multifibra antes de un lavado.
- Tejido de algodón después de un lavado y tejido de algodón antes del lavado.
- Tejido teñido después del lavado y tejido teñido antes del lavado.

Cada lavado para dichas mediciones se hace con fórmulas detergentes diferentes, las cuales se describen a continuación:

- Contenido de la fórmula detergente A:
 - 12 g/l de Percarbonato Sódico.
 - 0.9 g/l de Mykon.
 - 80 mg/l de Baysolex.
 - DBSS/Synperonic^(*).
- Contenido de la fórmula detergente B:
 - 12 g/l de Percarbonato Sódico.
 - 0.9 g/l de Mykon.
 - 30% de Zeolita sobre la suma de los ingredientes.
 - 15% de Na₂CO₄ sobre la suma de los ingredientes.
 - DBSS/Synperonic^(*).
- Contenido de la fórmula detergente C:
 - 12 g/l de Percarbonato Sódico.
 - 0.9 g/l de Mykon.
 - DBSS/Synperonic^(*).
- Contenido de la fórmula detergente D:
 - 12 g/l de Percarbonato Sódico.
 - 0.9 g/l de Mykon.
 - 30% de TPP sobre la suma de los ingredientes.
 - DBSS/Synperonic^(*).

- Contenido de la fórmula detergente E:
 - 24 g/l de Percarbonato Sódico.
 - 1.8 g/l de Mykon.
 - 180 mg/l de Baysolex.
 - DBSS/Synperonic^(*).
- Contenido de la fórmula detergente F:
 - 12 g/l de Percarbonato Sódico.
 - 0.9 g/l de Mykon.
 - 80 mg/l de Baysolex.
 - 30% de TPP sobre la suma de los ingredientes.
 - DBSS/Synperonic^(*).
- Contenido de la fórmula detergente G:
 - 12 g/l de Percarbonato Sódico.
 - 0.9 g/l de Mykon.
 - 80 mg/l de Baysolex.
 - 30% de Zeolita sobre la suma de los ingredientes.
 - 15% de Na₂CO₄ sobre la suma de los ingredientes.
 - DBSS/Synperonic^(*).
- Contenido de la fórmula detergente H:
 - 12 g/l de Percarbonato Sódico.
 - 0.9 g/l de Mykon.
 - 30% de Zeolita sobre la suma de los ingredientes.
 - 15% de Na₂CO₄ sobre la suma de los ingredientes.
 - DBSS/Glucopón^(*).
- Contenido de la fórmula detergente I:
 - 12 g/l de Percarbonato Sódico.
 - 0.9 g/l de Mykon.
 - 30% de TPP sobre la suma de los ingredientes.
 - DBSS/Glucopón^(*).

^(*) La concentración de los tensioactivos aniónico y no-iónico es de 10⁻³ M en proporciones de 1:0, 0.8:0.2, 0.6:0.4, 0.4:0.6, 0.2:0.8, 0:1 respectivamente.

Los resultados obtenidos de las mediciones realizadas están basados en la escala de grises, escala de blancos y DE para cada muestra y para cada concentración detergente, midiendo la diferencia de color entre una muestra teñida y una muestra blanca antes y después del lavado, los resultados basados en la escala de grises y escala de blancos se encuentran bajo

los DE de las muestras teñidas y sin teñir, y para la multifibra se encuentran a un costado del DE separados por una diagonal los cuales se citan a continuación:

FÓRMULA A:

Tabla 10.- Resultados de la diferencia de color entre una muestra teñida y una blanca antes y después del lavado con la fórmula detergente A.

PROPORCIONES MOLARES	ROJO SIRIUS 4B			SIRIUS ROYAL BLUE S			ANARANJADO SIRIUS GGL		
	TEÑIDO	SIN TEÑIR	MULTIFIBRA	TEÑIDO	SIN TEÑIR	MULTIFIBRA	TEÑIDO	SIN TEÑIR	MULTIFIBRA
1.0	2.17	37.04	7.15/4	1.92	23.04	1.14/5	1.25	14.25	0.72/5
			11.30/3			5.87/4			0.31/4-5
			4.33/4-5			1.17/5			0.80/5
	3-4	1-2	2.23/4-5	4	2	0.68/5	4-5	3	0.42/5
			0.84/5			0.46/5			0.37/5
			1.04/5			0.80/5			0.62/5
0.8:0.2	2.04	14.0	5.62/4	1.85	19.51	1.37/5	1.08	10.19	1.45/4-5
			10.91/3-4			4.77/4-5			2.39/4-5
			2.30/4-5			1.10/5			0.70/5
	4	3	0.72/5	4	2-3	0.37/5	4-5	3-4	0.25/5
			0.34/5			0.33/5			0.52/5
			0.40/5			1.09/5			0.38/5
0.6:0.4	2.15	26.56	5.85/4	2.56	15.63	2.24/4-5	1.47	13.15	1.38/5
			12.03/3			4.39/4-5			2.75/4-5
			2.37/4-5			1.24/5			0.79/5
	3-4	2	1.11/5	3-4	2-3	0.36/5	4	3	0.21/5
			0.67/5			0.50/5			0.28/5
			2.33/4-5			0.88/5			0.83/5
0.4:0.6	1.81	25.83	7.93/3-4	2.64	17.30	1.32/4-5	0.69	2.38	1.16/5
			12.14/3			3.58/4-5			2.12/4-5
			3.12/4-5			1.01/5			0.58/5
	4	2	1.84/4-5	3-4	2-3	0.30/5	4-5	4-5	0.17/5
			0.63/5			0.17/5			0.35/5
			1.82/4-5			1.18/5			0.44/5
0.2:0.8	1.88	34.88	3.94/4-5	2.58	8.12	0.42/5	1.13	8.33	0.90/5
			13.10/3			2.32/4-5			1.38/5
			5.55/4			0.98/5			0.85/5
	4	1-2	2.07/4-5	3-4	3-4	0.28/5	4-5	4	0.41/5
			1.35/5			0.24/5			0.26/5
			2.81/4-5			1.09/5			0.34/5
0:1	1.33	20.37	1.27/5	2.58	6.95	0.53/5	1.07	0.73	1.28/4-5
			8.16/3-4			2.02/4-5			1.01/5
			1.69/4-5			0.75/5			0.39/5
	4	2-3	3.42/4-5	3-4	4	0.39/5	4-5	5	0.38/5
			1.11/5			0.24/5			0.17/5
			3.44/4-5			0.67/5			0.58/5

FÓRMULA B:

Tabla 11.- Resultados de la diferencia de color entre una muestra teñida y una blanca antes y después del lavado con la fórmula detergente B.

PROPORCIONES MOLARES	ROJO SIRIUS 4B			SIRIUS ROYAL BLUE S			ANARANJADO SIRIUS GGL		
	TEÑIDO	SIN TEÑIR	MULTIFIBRA	TEÑIDO	SIN TEÑIR	MULTIFIBRA	TEÑIDO	SIN TEÑIR	MULTIFIBRA
1.0	1.37	17.09	1.00/5	3.14	7.79	0.48/5	1.67	0.71	1.62/4-5
			10.05/3-4			5.49/4			1.30/5
			2.10/4-5			2.24/4-5			1.39/4-5
	4	2-3	0.82/5	3	3-4	0.54/5	4	5	0.48/5
			0.76/5			0.69/5			0.58/5
			1.06/5			0.94/5			0.69/5
0.8:0.2	1.66	16.93	1.28/5	3.42	9.29	0.81/5	3.00	1.78	1.82/4-5
			11.66/3			4.26/4-5			1.25/5
			3.28/4-5			0.84/5			0.87/5
	4	2-3	1.94/4-5	3	3-4	0.58/5	3	5	0.32/5
			1.63/5			0.32/5			0.51/5
			2.52/4-5			0.52/5			0.43/5
0.6:0.4	1.85	16.85	2.46/4-5	3.20	5.87	0.89/5	1.82	1.08	2.02/4-5
			11.41/3			3.54/4-5			1.46/5
			1.41/5			1.58/5			0.61/5
	4	2-3	0.71/5	3	4	0.72/5	4	5	0.31/5
			0.98/5			1.70/5			0.17/5
			1.22/5			0.52/5			0.54/5
0.4:0.6	2.15	18.08	2.48/4-5	3.04	5.83	0.71/5	3.20	4.90	7.94/4
			12.01/3			2.70/4-5			3.57/4-5
			1.49/5			1.24/5			1.85/4-5
	3-4	2-3	0.40/5	3	4	0.59/5	3	4-5	0.77/5
			0.40/5			0.35/5			1.00/5
			1.13/5			0.32/5			0.66/5
0.2:0.8	3.76	12.38	2.68/4-5	3.62	4.98	0.69/5	2.64	4.46	5.16/4-5
			10.18/3.4			3.10/4-5			1.83/4-5
			2.29/4-5			1.26/5			1.11/5
	3	3	0.75/5	3	4-5	0.57/5	3-4	4-5	0.16/5
			0.38/5			0.73/5			0.43/5
			1.44/5			0.46/5			0.67/5
0:1	2.17	10.70	3.81/4-5	3.33	5.81	0.38/5	1.85	2.01	1.26/4-5
			9.72/3-4			1.85/4-5			1.77/4-5
			5.06/4			0.54/5			0.82/5
	3-4	3-4	2.97/4-5	3	4	0.26/5	4	4-5	0.57/5
			1.00/5			0.18/5			0.20/5
			1.42/5			0.36/5			0.72/5

FÓRMULA C:

Tabla 12.- Resultados de la diferencia de color entre una muestra teñida y una blanca antes y después del lavado con la fórmula detergente C.

PROPORCIONES MOLARES	ROJO SIRIUS 4B			SIRIUS ROYAL BLUE S			ANARANJADO SIRIUS GGL		
	TEÑIDO	SIN TEÑIR	MULTIFIBRA	TEÑIDO	SIN TEÑIR	MULTIFIBRA	TEÑIDO	SIN TEÑIR	MULTIFIBRA
1.0	2.31	14.83	1.37/5	3.02	8.68	0.75/5	1.07	2.70	1.86/4-5
			18.08/2-3			6.25/4			2.20/4-5
			2.55/4-5			2.03/4-5			1.65/4-5
	3-4	3	0.98/5	3	3-4	0.40/5	4-5	4-5	0.99/5
			0.43/5			0.98/5			0.36/5
			1.54/4-5			1.73/5			0.52/5
0.8:0.2	2.95	20.96	2.11/4-5	3.14	19.90	0.96/5	1.02	2.43	1.64/4-5
			13.96/3			5.25/4			2.29/4-5
			2.05/4-5			1.81/4-5			0.88/5
	3-4	2-3	0.89/5	3	2-3	0.33/5	4-5	4-5	0.79/5
			0.81/5			0.85/5			0.28/5
			1.15/5			1.51/5			0.96/5
0.6:0.4	2.39	15.07	2.10/4-5	2.38	12.98	0.52/5	1.10	1.28	1.18/4-5
			10.85/3-4			4.19/4-5			1.60/5
			1.77/4-5			0.75/5			1.07/5
	3-4	3	1.28/5	3-4	3	0.35/5	4-5	5	0.57/5
			0.38/5			0.44/5			0.41/5
			1.37/5			0.86/5			0.97/5
0.4:0.6	2.45	21.20	2.76/4-5	1.90	7.74	0.36/5	1.161	1.67	1.35/4-5
			13.63/3			3.65/4-5			1.14/5
			2.28/4-5			1.05/5			0.84/5
	3-4	2-3	1.12/5	4	4	0.30/5	4	5	0.57/5
			0.93/5			0.13/5			0.50/5
			1.72/4-5			1.31/5			0.94/5
0.2:0.8	2.82	15.88	2.39/4-5	2.21	7.30	0.55/5	1.00	0.62	1.06/5
			14.09/3			3.07/4-5			1.27/5
			3.50/4-5			0.84/5			0.58/5
	3-4	3	1.26/5	3-4	4	0.36/5	4-5	5	0.35/5
			0.36/5			0.59/5			0.22/5
			1.33/5			1.67/5			0.90/5
0:1	1.09	13.38	0.87/5	2.27	3.65	1.05/5	0.80	0.07	1.66/4-5
			9.56/3-4			2.30/4-5			0.99/5
			3.28/4-5			0.96/5			0.85/5
	4-5	3	1.57/5	3-4	4-5	0.61/5	4-5	5	0.46/5
			1.19/5			0.42/5			0.13/5
			2.87/4-5			0.76/5			0.99/5

FÓRMULA D:

Tabla 13.- Resultados de la diferencia de color entre una muestra teñida y una blanca antes y después del lavado con la fórmula detergente D.

PROPORCIONES MOLARES	ROJO SIRIUS 4B			SIRIUS ROYAL BLUE S			ANARANJADO SIRIUS GGL		
	TEÑIDO	SIN TEÑIR	MULTIFIBRA	TEÑIDO	SIN TEÑIR	MULTIFIBRA	TEÑIDO	SIN TEÑIR	MULTIFIBRA
1.0	2.50	18.95	0.82/5	0.92	11.66	0.65/5	1.14	1.58	0.81/5
			14.74/3			1.85/4-5			
			3.07/4-5			1.07/5			
	3-4	2-3	2.22/4-5	4-5	3	0.86/5	4-5	5	0.65/5
			0.50/5			0.16/5			
			1.73/4-5			1.24/5			
0.8:0.2	2.10	17.55	1.44/4-5	1.54	6.16	0.43/5	1.33	1.87	1.26/5
			13.69/3			1.48/5			
			4.05/4-5			0.89/5			
	4	2-3	2.38/4-5	4	4	0.71/5	4	4-5	0.36/5
			1.05/5			0.22/5			
			2.10/4-5			1.16/5			
0.6:0.4	2.05	25.65	0.87/5	1.23	6.96	0.87/5	1.15	1.81	1.46/5
			12.53/3			1.55/5			
			2.81/4-5			0.78/5			
	4	2	1.42/5	4-5	4	0.79/5	4-5	5	0.42/5
			0.28/5			0.21/5			
			1.52/4-5			1.16/5			
0.4:0.6	3.19	16.36	0.92/5	0.87	6.44	0.63/5	1.11	1.87	1.37/4-5
			12.44/3			1.41/5			
			2.01/4-5			1.43/5			
	3	2-3	0.54/5	4-5	4	0.87/5	4-5	4-5	0.61/5
			0.61/5			0.23/5			
			1.50/4-5			0.88/5			
0.2:0.8	3.25	16.29	0.73/5	1.06	4.77	1.12/5	1.02	1.67	1.37/5
			11.81/3			1.39/5			
			1.73/4-5			0.73/5			
	3-4	2-3	0.54/5	4-5	4-5	0.58/5	4-5	4-5	0.49/5
			0.33/5			0.20/5			
			1.58/4-5			1.08/5			
0:1	1.33	16.14	1.37/5	1.39	4.42	0.62/5	0.91	0.86	1.13/5
			9.15/3-4			1.30/5			
			4.79/4-5			1.33/5			
	4	2-3	2.44/4-5	4	4-5	0.31/5	4-5	5	0.56/5
			0.81/5			0.25/5			
			2.04/4-5			1.56/5			

FÓRMULA E, F Y G:

Tabla 14.- Resultados de la diferencia de color entre una muestra teñida y una blanca antes y después del lavado con las fórmulas detergentes E, F y G.

PROPORCIONES MOLARES	FÓRMULA E ROJO SIRIUS 4B			FORMULA F ROJO SIRIUS 4B			FORMULA G ROJO SIRIUS 4B		
	TEÑIDO	SIN TEÑIR	MULTIFIBRA	TEÑIDO	SIN TEÑIR	MULTIFIBRA	TEÑIDO	SIN TEÑIR	MULTIFIBRA
1.0	2.09	15.67	0.56/5	2.50	20.30	1.36/5	2.37	16.54	1.36/5
			13.06/3			14.07/3			14.23/3
			4.32/4-5			4.19/4-5			2.74/4-5
	4	3	2.31/4-5	3-4	2-3	2.12/4-5	3-4	2-3	2.54/4-5
			1.10/5			0.94/5			1.50/5
			1.70/4-5			2.01/4-5			2.10/4-5
0.8:0.2	2.43	15.23	1.16/5	4.09	18.53	1.41/5	2.81	15.77	1.22/5
			10.87/3-4			14.62/3			12.02/3
			3.19/4-5			2.87/4-5			1.86/4-5
	3-4	3	2.97/4-5	3	2-3	1.31/5	3-4	3	1.08/5
			1.33/5			0.43/5			0.45/5
			1.60/4-5			1.70/4-5			1.32/5
0.6:0.4	2.68	15.71	1.01/5	2.94	16.07	2.53/4-5	2.27	15.49	2.81/4-5
			12.92/3			13.31/3			12.8/3
			3.14/4-5			2.79/4-5			2.87/4-5
	3-4	3	1.18/5	3-4	2-3	1.72/5	3-4	3	1.53/5
			0.34/5			0.71/5			1.16/5
			1.28/5			1.75/4-5			1.78/4-5
0.4:0.6	2.47	17.17	2.39/4-5	4.10	17.17	2.31/4-5	2.13	19.37	1.45/5
			13.88/3			15.20/3			12.31/3
			4.27/4-5			3.14/4-5			3.25/4-5
	3-4	2-3	1.80/4-5	3	2-3	1.66/5	3-4	2-3	2.32/4-5
			0.44/5			0.47/5			1.00/5
			1.57/4-5			2.08/4-5			2.44/4-5
0.2:0.8	1.67	15.47	2.02/4-5	3.11	16.17	2.42/4-5	2.40	15.43	1.71/4-5
			12.93/3			12.85/3			12.81/3
			3.26/4-5			3.44/4-5			3.22/4-5
	4	3	2.71/4-5	3	2-3	1.26/5	3-4	3	2.65/4-5
			1.31/5			0.52/5			4.13/4-5
			2.01/4-5			2.43/4-5			3.37/4-5
0:1	0.84	12.69	0.98/5	1.45	15.58	1.69/4-5	1.59	15.25	1.78/4-5
			9.85/3-4			11.36/3			13.27/3
			3.53/4-5			3.54/4-5			7.02/4
	4-5	3	2.18/4-5	4	3	0.90/5	4	3	5.70/4
			1.22/5			0.67/5			2.86/4-5
			3.10/4-5			1.89/4-5			4.36/4-5

FÓRMULA H:

Tabla 15.- Resultados de la diferencia de color entre una muestra teñida y una blanca antes y después del lavado con la fórmula detergente H.

PROPORCIONES MOLARES	ROJO SIRIUS 4B			SIRIUS ROYAL BLUE S			ANARANJADO SIRIUS GGL		
	TEÑIDO	SIN TEÑIR	MULTIFIBRA	TEÑIDO	SIN TEÑIR	MULTIFIBRA	TEÑIDO	SIN TEÑIR	MULTIFIBRA
1.0	1.99	17.64	2.20/4-5	9.24	12.14	2.28/4-5	3.82	3.12	1.52/4-5
			14.35/3			5.49/4			2.17/4-5
			2.03/4			1.71/5			0.33/5
	4	2-3	0.70/5	1-2	3	0.61/5	3	4-5	0.60/5
			0.85/5			0.71/5			0.49/5
			0.36/5			0.97/5			0.79/5
0.8:0.2	2.09	17.49	1.88/4-5	9.02	16.09	1.40/4-5	4.56	3.18	0.90/5
			12.93/3			6.43/4			2.77/4-5
			1.89/4-5			0.52/5			0.45/5
	4	2-3	0.97/5	1-2	2-3	0.52/5	2-3	4-5	0.44/5
			0.61/5			0.60/5			0.43/5
			0.22/5			0.82/5			0.94/5
0.6:0.4	1.80	17.35	0.384-5	8.80	9.86	1.15/5	3.46	2.34	2.02/4-5
			12.84/3			4.74/4-5			2.44/4-5
			2.42/4-5			0.45/5			0.72/5
	4	2-3	1.25/5	1-2	3-4	0.48/5	3	4-5	0.58/5
			1.00/5			0.45/5			0.69/5
			0.51/5			0.97/5			0.80/5
0.4:0.6	2.03	17.72	2.15/4-5	8.81	9.02	1.254-5	3.72	2.46	0.17/5
			13.26/3			3.97/4-5			2.00/4-5
			3.31/4-5			0.62/5			0.26/5
	4	2-3	2.24/4-5	1-2	3-4	0.73/5	3	4-5	0.42/5
			1.09/5			0.41/5			0.45/5
			0.81/5			1.30/5			1.29/5
0.2:0.8	1.32	16.88	2.25/4-5	8.54	7.35	1.81/4-5	3.57	1.67	1.68/4-5
			10.28/3-4			3.04/4-5			1.95/4-5
			2.33/4-5			0.68/5			0.39/5
	4	2-3	0.62/5	1-2	4	0.54/5	3	5	0.40/5
			0.73/5			1.05/5			0.64/5
			0.47/5			0.66/5			0.72/5
0:1	1.88	10.56	1.68/4-5	8.08	4.64	2.15/4-5	2.23	0.58	0.65/5
			9.73/3-4			0.60/5			1.43/5
			2.38/4-5			0.74/5			0.24/5
	4	3-4	0.77/5	2	4-5	0.49/5	3-4	5	0.58/5
			0.67/5			0.79/5			0.26/5
			0.43/5			1.82/4-5			0.72/5

FÓRMULA I:

Tabla 16.- Resultados de la diferencia de color entre una muestra teñida y una blanca antes y después del lavado con la fórmula detergente I.

PROPORCIONES MOLARES	ROJO SIRIUS 4B			SIRIUS ROYAL BLUE S			ANARANJADO SIRIUS GGL		
	TEÑIDO	SIN TEÑIR	MULTIFIBRA	TEÑIDO	SIN TEÑIR	MULTIFIBRA	TEÑIDO	SIN TEÑIR	MULTIFIBRA
1.0	2.88	14.73	1.48/5	9.32	12.24	1.82/4-5	3.89	3.20	0.88/5
			20.56/2-3			4.08/4-5			2.08/4-5
			9.17/3-4			0.80/5			0.16/5
	3-4	3	4.12/4-5	2	3	0.52/5	3	4-5	0.53/5
			1.46/5			0.49/5			0.65/5
			1.03/5			1.54/5			1.70/5
0.8:0.2	2.19	24.62	1.16/5	9.40	7.79	1.69/4-5	3.69	5.22	0.22/5
			16.07/2-3			5.45/4			3.10/4-5
			7.86/4			1.41/5			0.69/5
	3-4	2	2.36/4-5	1-2	4	0.70/5	3	4-5	0.37/5
			1.48/5			0.58/5			0.28/5
			0.59/5			1.00/5			1.01/5
0.6:0.4	3.24	18.42	2.35/4-5	9.47	9.56	0.17/5	3.89	2.96	1.32/4-5
			12.75/3			3.92/4-5			2.54/4-5
			1.08/5			1.25/5			0.26/5
	3	2-3	0.60/5	1-2	3-4	0.59/5	3	4-5	0.44/5
			0.78/5			0.38/5			0.72/5
			1.07/5			0.84/5			1.27/5
0.4:0.6	2.52	23.57	4.46/4	9.15	8.01	1.45/4-5	4.07	4.83	2.36/4-5
			13.08/3			4.62/4-5			2.45/4-5
			3.22/4-5			0.49/5			1.85/5
	3-4	2	1.87/4-5	1-2	4	0.53/5	3	4-5	0.70/5
			0.68/5			0.79/5			0.85/5
			1.18/5			1.01/5			1.43/5
0.2:0.8	3.11	15.87	2.20/4-5	9.28	9.12	0.01/5	3.78	4.51	1.35/4-5
			11.86/3			3.84/4-5			5.83/4
			1.03/5			0.16/5			2.93/4-5
	3	3	2.05/4-5	1-2	3-4	0.24/5	3	4-5	0.96/5
			1.03/5			0.43/5			0.84/5
			1.21/5			0.80/5			1.66/5
0:1	1.66	17.77	1.35/5	8.81	4.61	0.50/5	3.38	3.95	1.08/5
			7.55/4			2.11/4-5			3.54/4-5
			1.68/5			0.30/5			1.05/5
	4	2-3	1.82/5	1-2	4-5	0.19/5	3	4-5	0.88/5
			0.63/5			0.52/5			0.70/5
			1.18/5			1.13/5			1.83/5

Los resultados obtenidos de las diferencias de color, nos permiten observar de una manera gráfica la influencia que tiene la fórmula detergente después del lavado en la decoloración y el sangrado de las muestras. A continuación se detallan las gráficas:

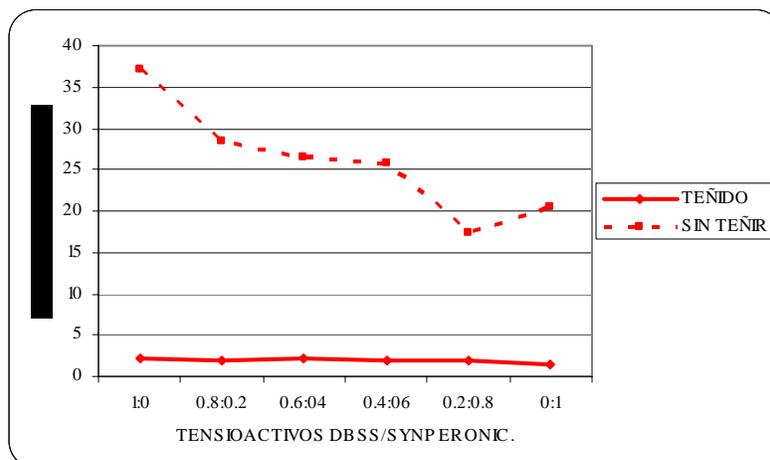


Figura 22.- Diferencia de color del colorante Rojo Sirius 4B en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30° C con la fórmula detergente A y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

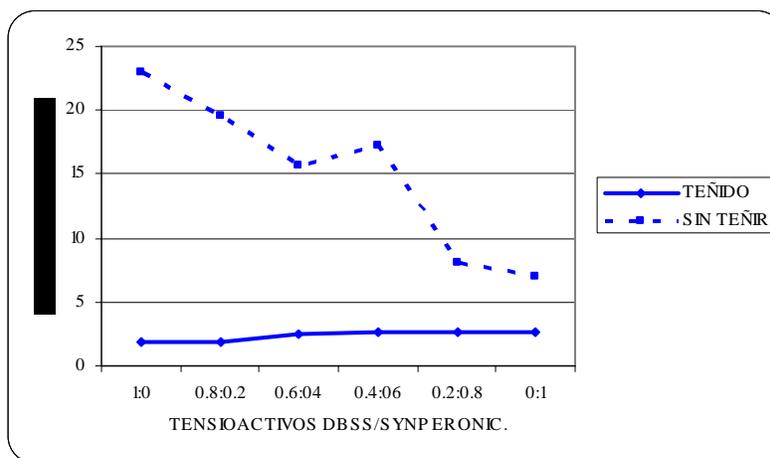


Figura 23.- Diferencia de color del colorante Sirius Royal Blue S en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente A y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

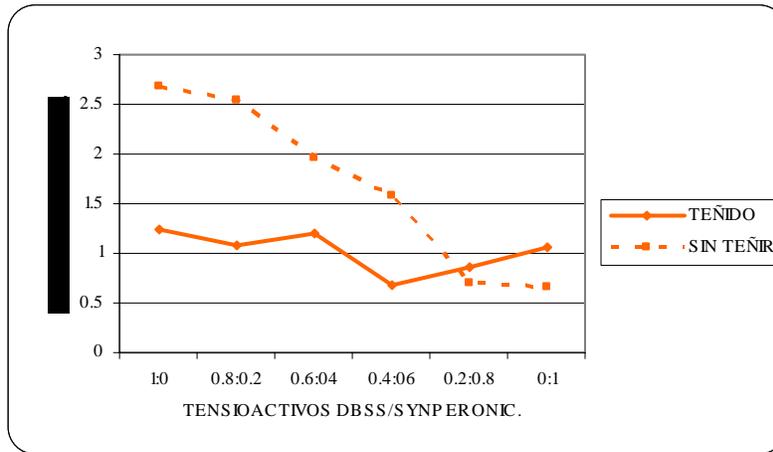


Figura 24.- Diferencia de color del colorante Anaranjado Sirius GGL en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30° C con la fórmula detergente A y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

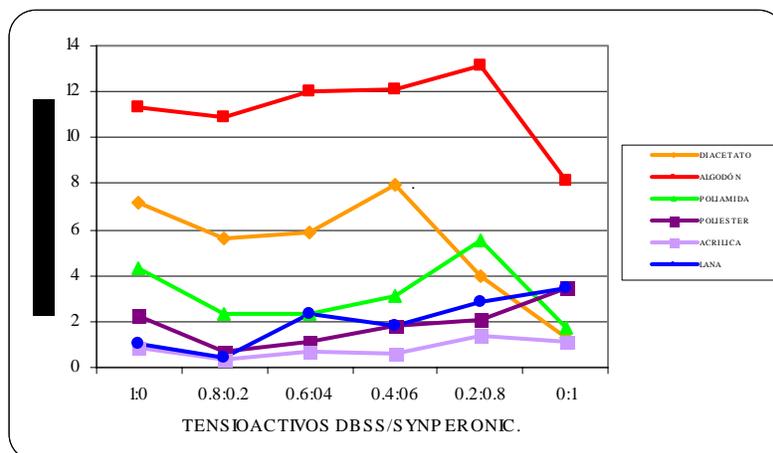


Figura 25.- Diferencia de color del colorante Rojo Sirius 4B en multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente A y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

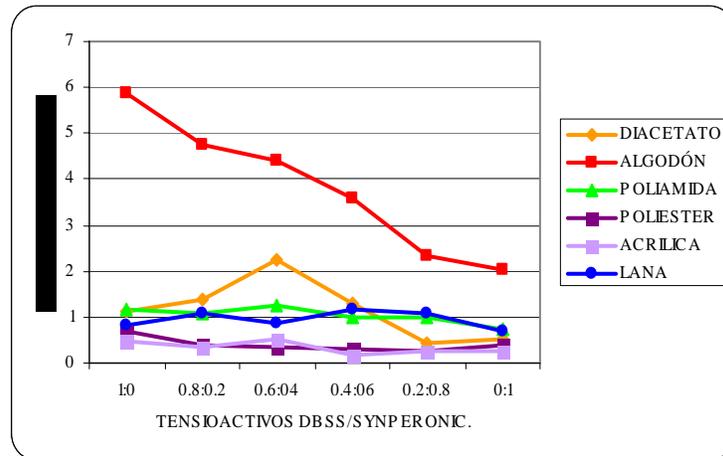


Figura 26.- Diferencia de color del colorante Sirius Royal Blue S en multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente A y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

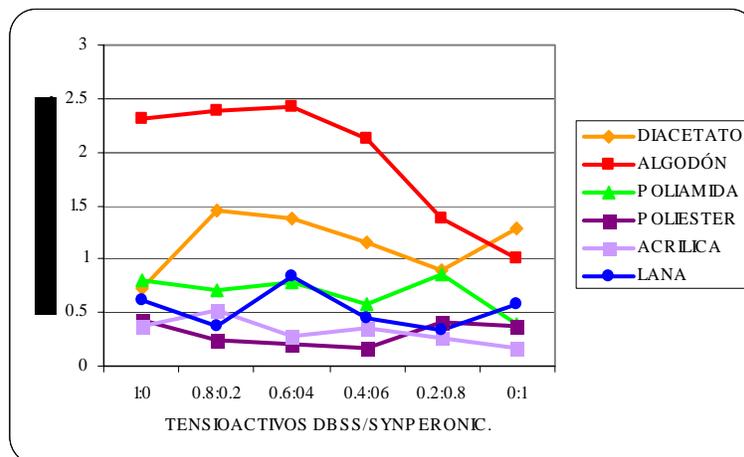


Figura 27.- Diferencia de color del colorante Anaranjado Sirius GGL en multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente A y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

Hemos encontrado que la influencia que tiene el percarbonato sódico, Mykon y Baysalex con el tensioactivo aniónico (DBSS) es menos eficiente que el tensioactivo no iónico (Synperonic) al permitir que haya mayor sangrado en la fibra de algodón para el colorante Rojo Sirius 4B (figura 22). Para el Anaranjado Sirius GGL y el colorante Sirius Royal Blue S figuras 23 y 24, la tendencia de degradación del colorante es casi nula sobretodo en la ausencia de tensioactivo aniónico (DBSS). Para las multifibras en los tres colorantes (figuras 25, 26 y 27) deducimos que la influencia tensioactiva no iónica (Synperonic) es más eficiente en ausencia de tensioactivo aniónico (DBSS),

principalmente para el colorante Rojo Sirius 4B, para el resto de las fibras notamos que el sangrado es muy poco relevante, manteniendo una semejanza de resultados en cuanto a las mezclas tensioactivas se refiere.

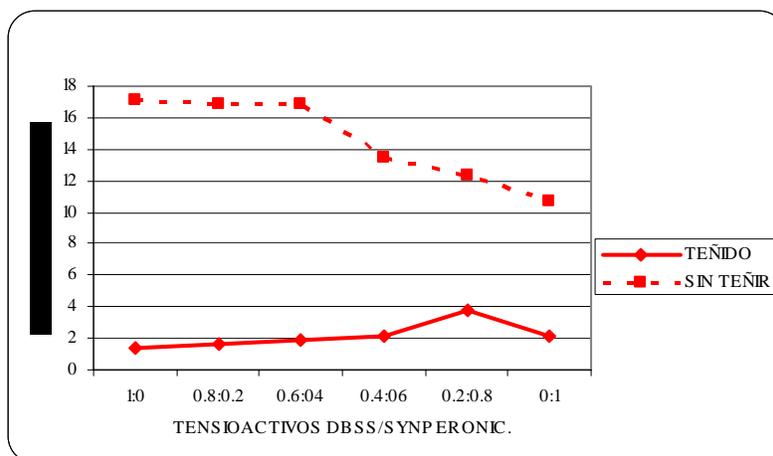


Figura 28.- Diferencia de color del colorante Rojo Sirius 4B en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente B y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

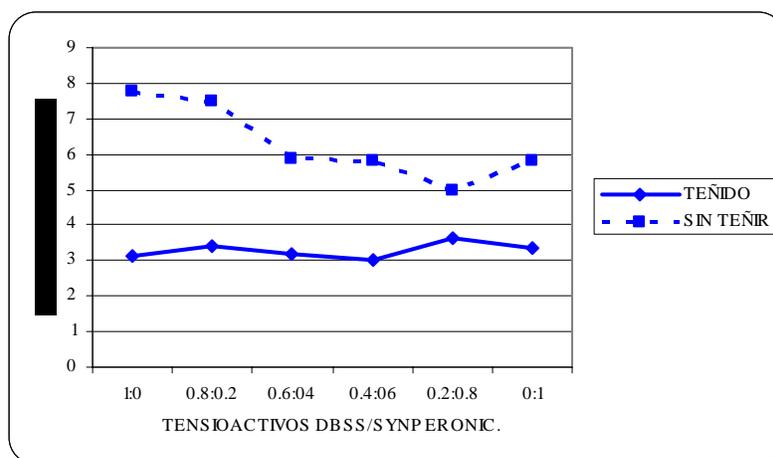


Figura 29.- Diferencia de color del colorante Sirius Royal Blue S en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente B y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

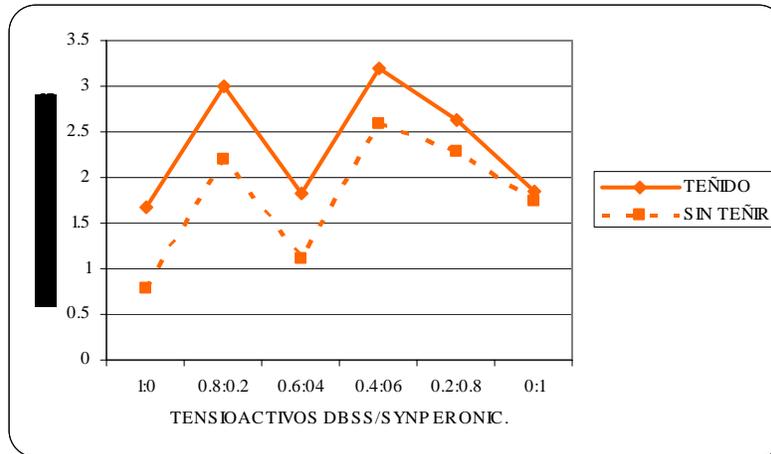


Figura 30.- Diferencia de color del colorante Anaranjado Sirius GGL en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente B y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

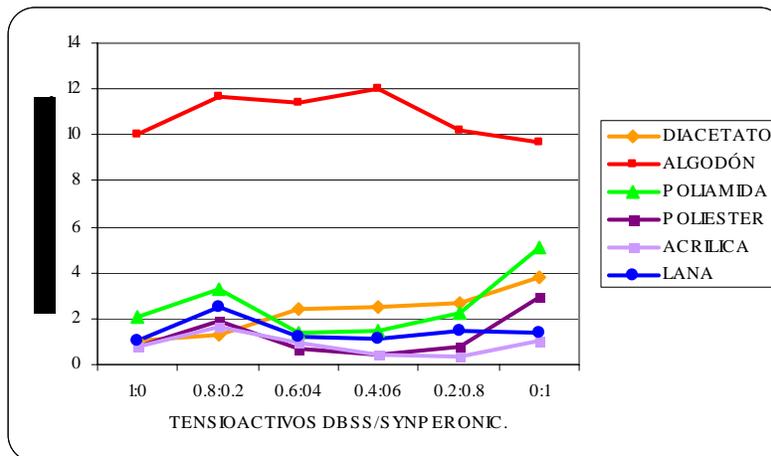


Figura 31.- Diferencia de color del colorante Rojo Sirius 4B en multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente B y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

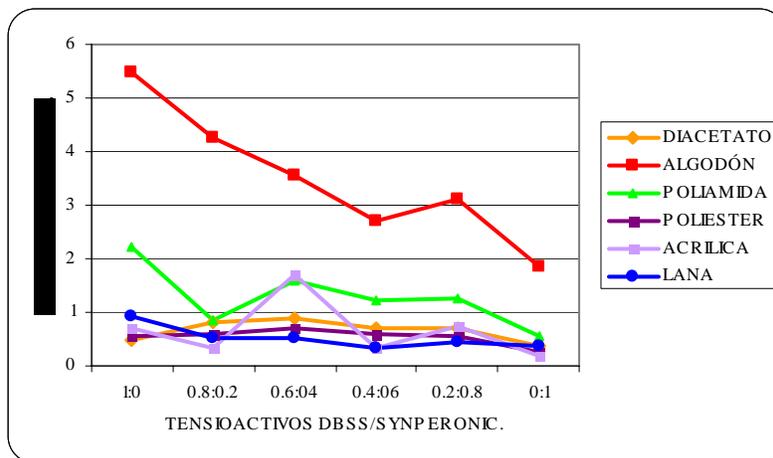


Figura 32.- Diferencia de color del colorante Sirius Royal Blue S en multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente B y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

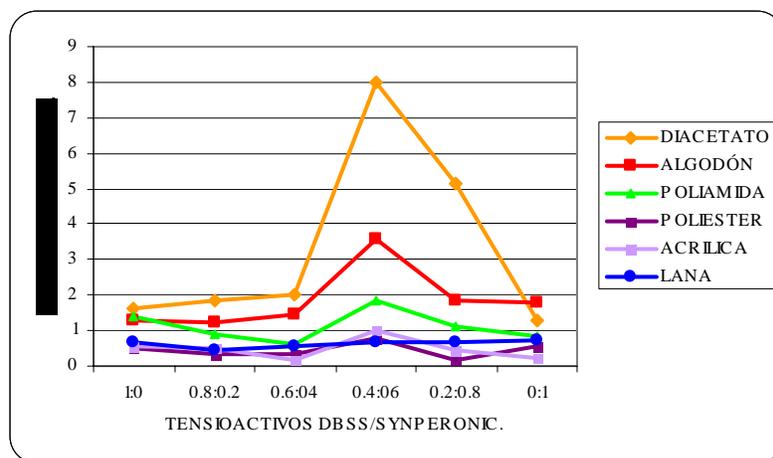


Figura 33.- Diferencia de color del colorante Anaranjado Sirius GGL en multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente B y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

En esta fórmula detergente que contiene Zeolita y Carbonato Sódico, se aprecia que para el colorante Rojo Sirius 4B (figura 28) no presenta una decoloración significativa, presenta un poco de influencia en ausencia de tensioactivo aniónico (DBSS). Con respecto a los colorantes Anaranjado Sirius GGL y Royal Blue Sirius S (figuras 29 y 30) la influencia es casi nula tanto en el sangrado como en la decoloración, no presentan influencia las mezclas de tensioactivos. De las multifibras, podemos decir que el resultado obtenido para el colorante Rojo Sirius 4B y Sirius Royal Blue S (figuras 32 y 33 respectivamente) notamos que la influencia tensioactiva con más eficiencia es la no

iónica para el sangrado del colorante Rojo Sirius 4B y Sirius Royal Blue S sobre algodón, en cuanto al colorante Anaranjado Sirius GGL (Figura 33) sucede lo contrario siendo más eficiente el tensioactivo aniónico (DBSS).

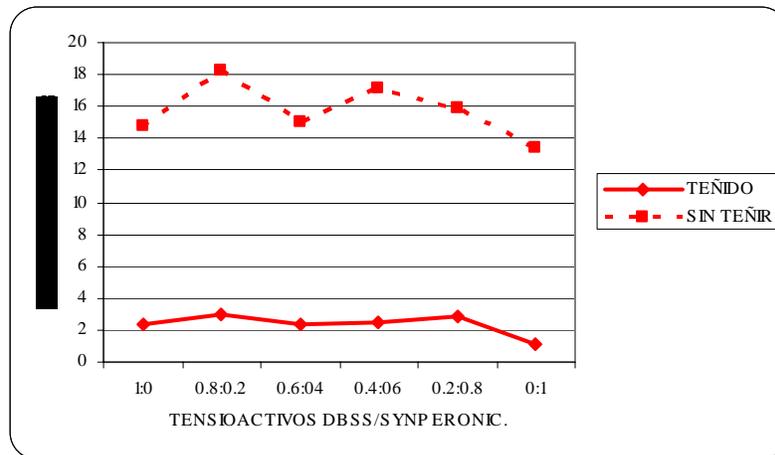


Figura 34.- Diferencia de color del colorante Rojo Sirius 4B en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente C y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

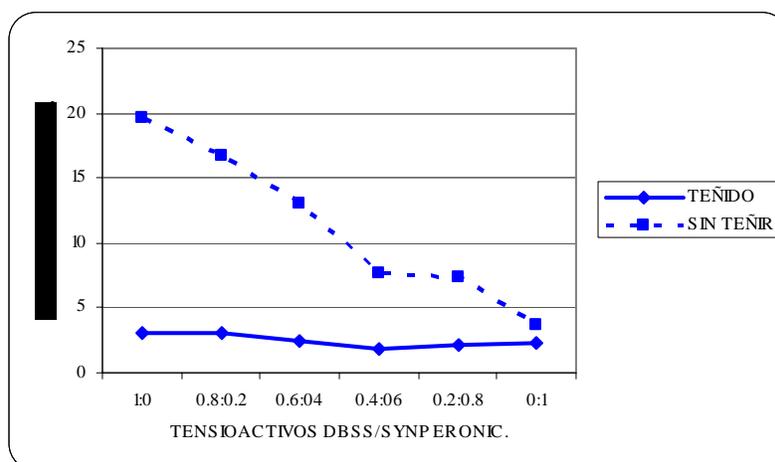


Figura 35.- Diferencia de color del colorante Sirius Royal Blue S en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente C y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

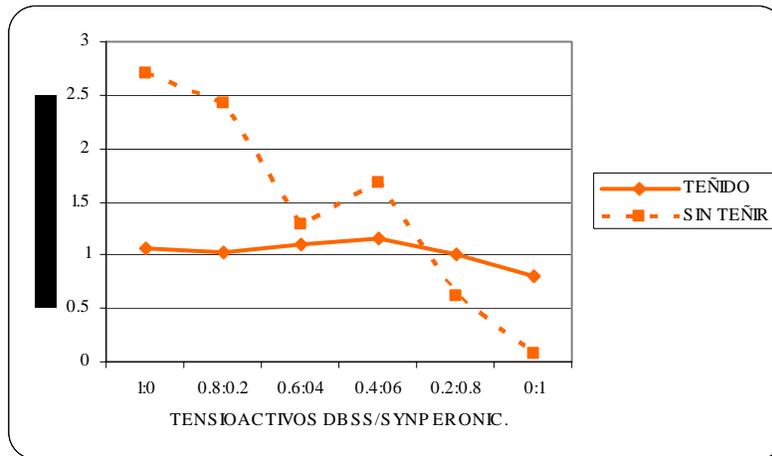


Figura 36.- Diferencia de color del colorante Anaranjado Sirius GGL en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente C y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

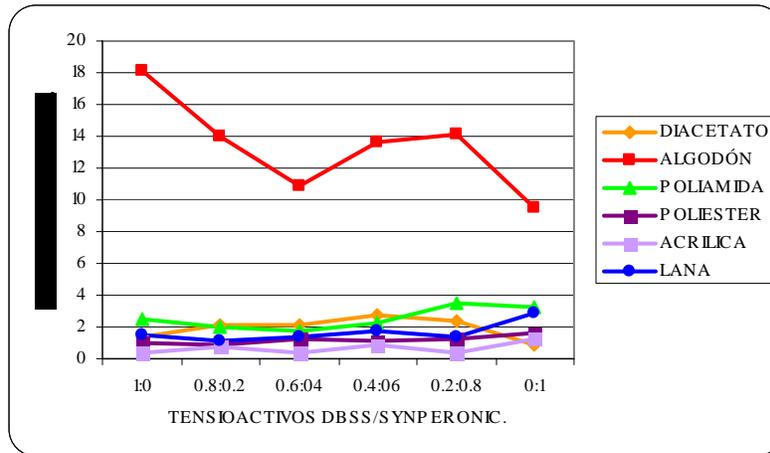


Figura 37.- Diferencia de color del colorante Rojo Sirius 4B en multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente C y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

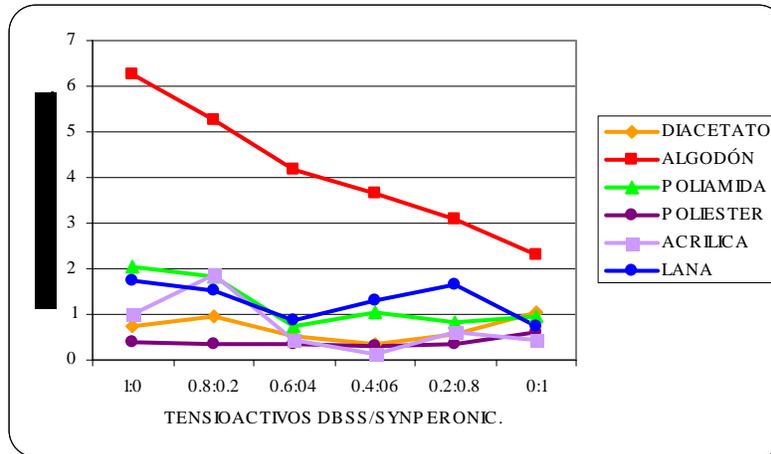


Figura 38.- Diferencia de color del colorante Sirius Royal Blue S en multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente C y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

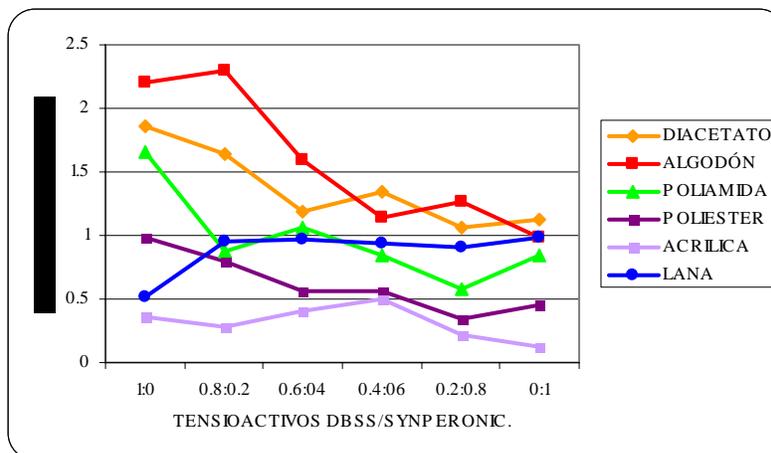


Figura 39.- Diferencia de color del colorante Anaranjado Sirius GGL en multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente C y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

Los resultados obtenidos en las gráficas anteriores donde la fórmula detergente utilizada estuvo compuesta de Percarbonato Sódico y Mykon indican que existe un ligero aumento de decoloración en el colorante Rojo Sirius 4B (figura 34) en presencia de tensioactivo aniónico (DBSS), mientras que con el tensioactivo no iónico (Synperonic) se obtienen mejores resultados; en cuanto al resto de los colorantes (Figuras 35 y 36), no se presentan grandes diferencias en cuanto a la influencia tensioactiva, solo comentar que en cuanto al sangrado se puede decir que la mayor eficiencia se encuentra en las mezclas tensioactivas intermedias. Para la multifibra se denota que la cantidad de sangrado no es significativa para la figuras 37 y 38 mientras que para la figura 39 los resultados

obtenidos entre una y otra fibra varían considerablemente, la influencia tensioactiva para éstas 3 últimas gráficas es más eficiente cuando es nula la presencia de tensioactivo aniónico.

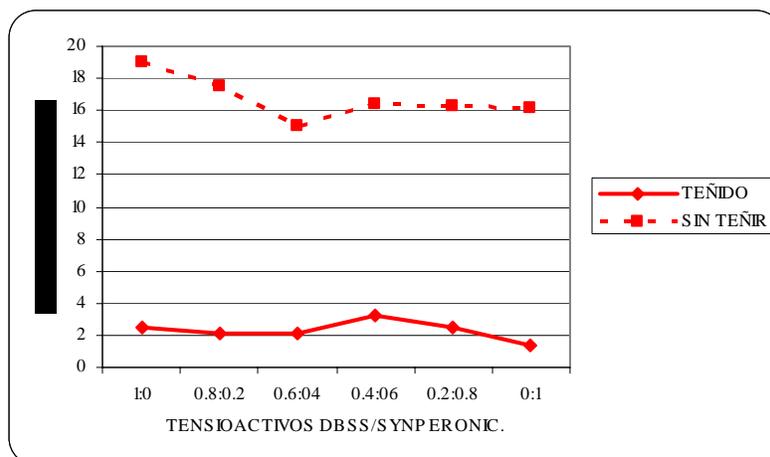


Figura 40.- Diferencia de color del colorante Rojo Sirius 4B en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente D y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

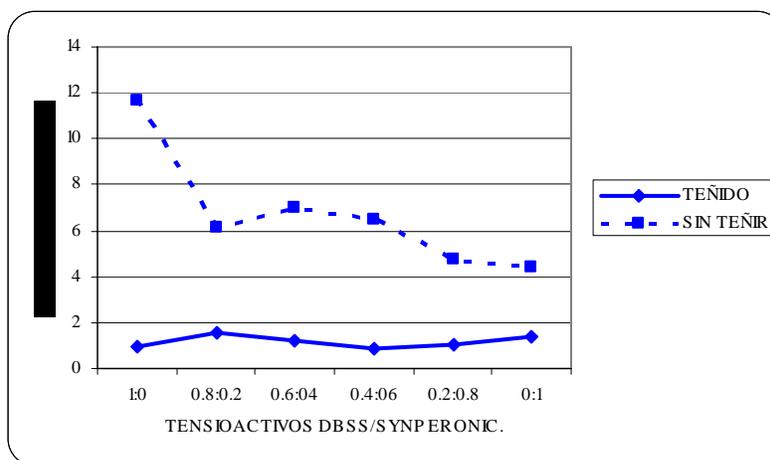


Figura 41.- Diferencia de color del colorante Sirius Royal Blue S en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente D y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

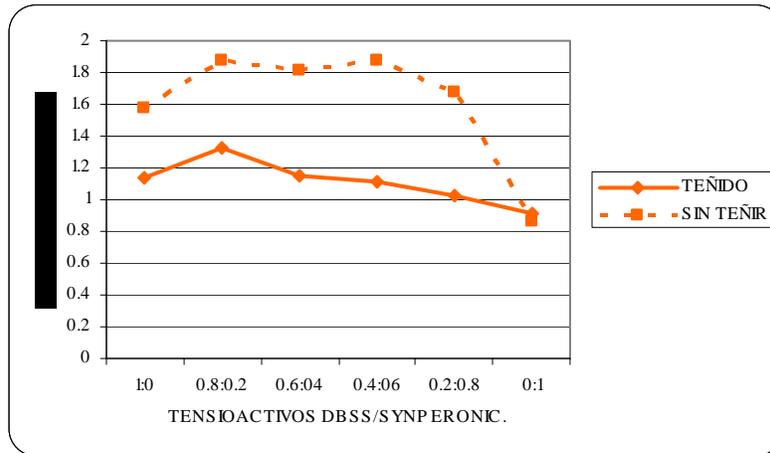


Figura 42.- Diferencia de color del colorante Anaranjado Sirius GGL en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente D y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

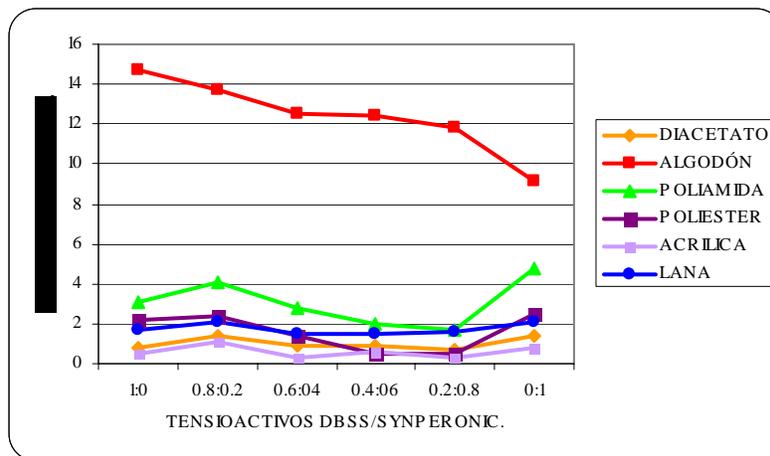


Figura 43.- Diferencia de color del colorante Rojo Sirius 4B en multifibra después de un lavado a 30° C con la fórmula detergente D y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

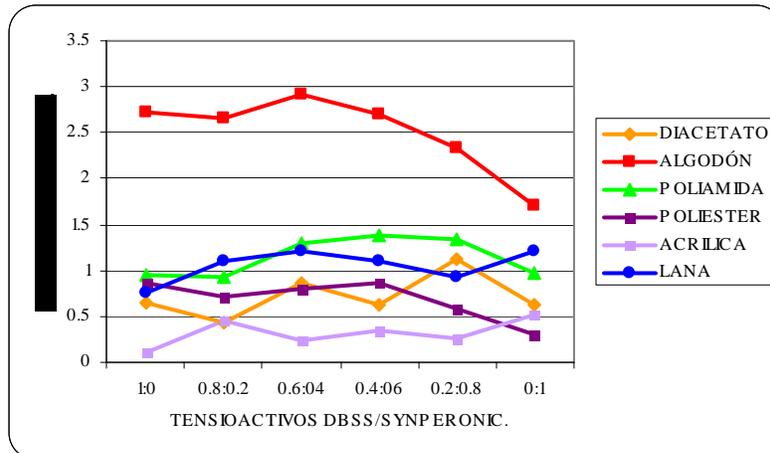


Figura 44.- Diferencia de color del colorante Sirius Royal Blue S en multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente D y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

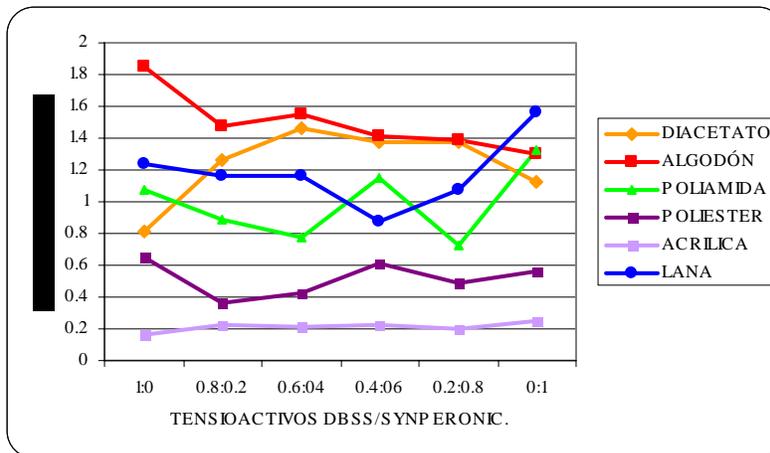


Figura 45.- Diferencia de color del colorante Anaranjado Sirius GGL en multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente D y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

La fórmula detergente está compuesta por Percarbonato Sódico, Mykon y Tripolifosfato Sódico, el resultado obtenido es que es más eficiente el tensioactivo no iónico al impedir que la cantidad de sangrado en el tejido sin teñir sea significativa, en cuanto a la decoloración del colorante Rojo Sirius 4B (figura 40) no hay cambios significativos. Los

resultados obtenidos para los otros colorantes (figuras 41 y 42) son óptimos ya que el sangrado y la decoloración no se produce de gran manera. En cuanto a la multifibra (figura 45), se nota una variación de sangrado en todas las fibras sobre todo en el colorante Anaranjado Sirius GGL, mayormente en la mezcla intermedia de tensioactivos.

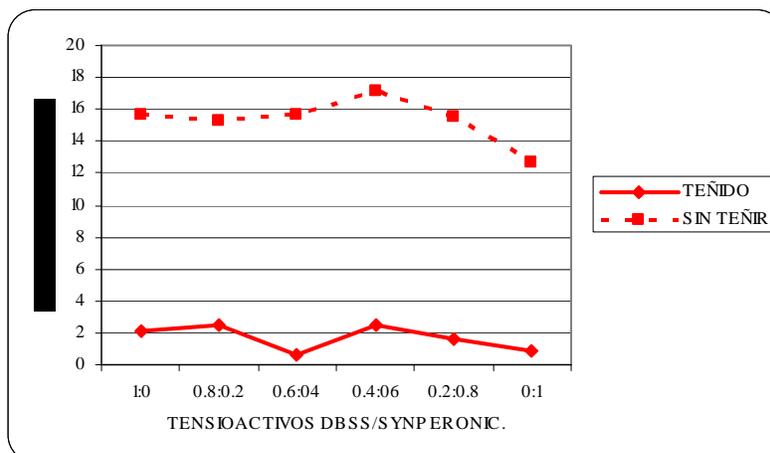


Figura 46.- Diferencia de color del colorante Rojo Sirius 4B en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente E y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

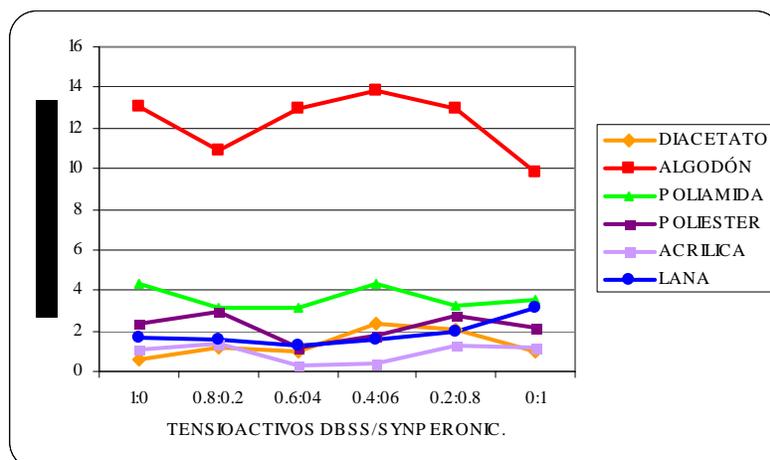


Figura 47.- Diferencia de color del colorante Rojo Sirius 4B en multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente E y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

Se hizo una prueba deterativa, utilizando productos con mayor concentración como es el caso de Percarbonato Sódico, Mykon y Baysolex, solo para el colorante rojo (figura 46), el efecto obtenido de ésta prueba es que se encontró que a mayor

concentración de tensioactivo aniónico (DBSS) la decoloración es mayor que con el tensioactivo no-iónico (Synperonic), en cuanto al sangrado el resultado no fue tan relevante en presencia del tensioactivo no iónico (Synperonic). De la multifibra (figura 47) se puede comentar y observar que hubo mayor sangrado de colorante en la fibra de algodón que en el resto de las fibras y que se obtiene menor cantidad de sangrado en presencia de mayor proporción de tensioactivo aniónico (DBSS).

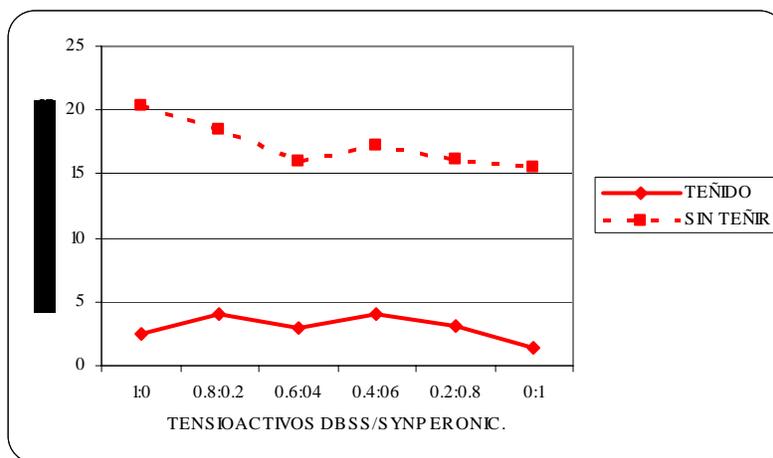


Figura 48.- Diferencia de color del colorante Rojo Sirius 4B en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente F y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

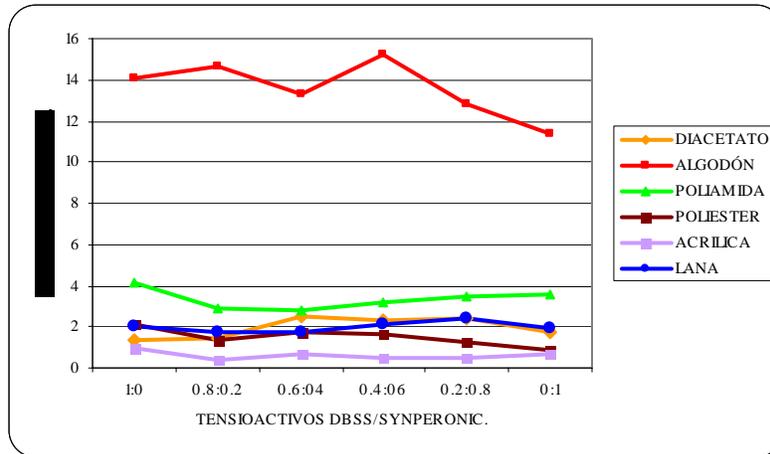


Figura 49.- Diferencia de color del colorante Rojo Sirius 4B en multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente F y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic) a distintas proporciones molares.

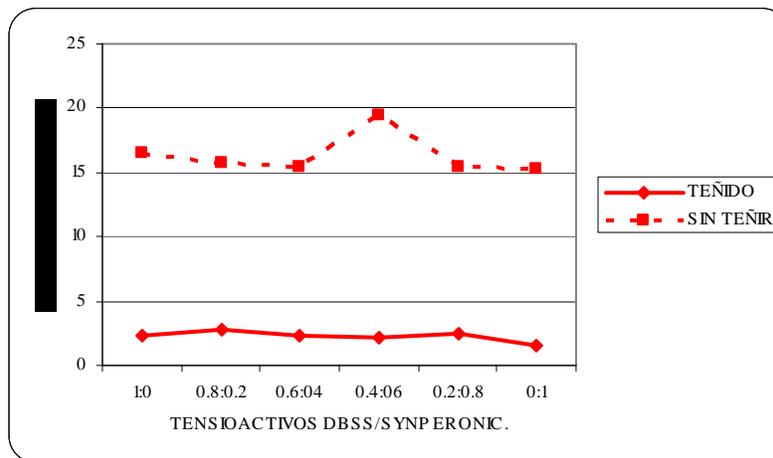


Figura 50.- Diferencia de color del colorante Rojo Sirius 4B en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente G y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Glucopón) a distintas proporciones molares.

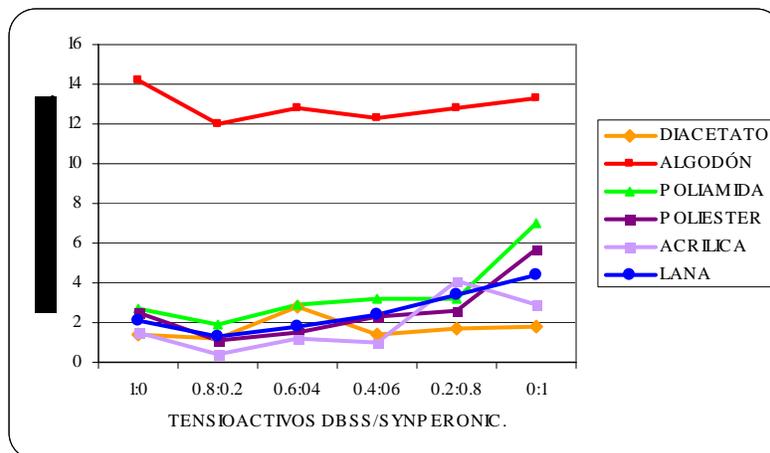


Figura 51.- Diferencia de color del colorante Rojo Sirius 4B en multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente G y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Glucopón) a distintas proporciones molares.

En las 4 gráficas anteriores, figuras 48, 49, 50 y 51 se utilizaron 2 fórmulas detergentes distintas teniendo los mismos componentes básicos: Percarbonato Sódico, Mykon y Baysalex, en la primera fórmula tenemos Tripolifosfato Sódico y en la segunda Zeolita y Carbonato Sódico, se puede comentar que en el sangrado la influencia tensioactiva en la mezcla intermedia para ambas fórmulas es menor que en el resto de las mezclas, hablando de la decoloración se muestra que no es significativa y la variación no es muy notoria. En cuanto a la multifibra podemos deducir que el sangrado es más visible en la fibra de algodón teniendo mayor eficiencia el tensioactivo ni iónico (Synperonic).

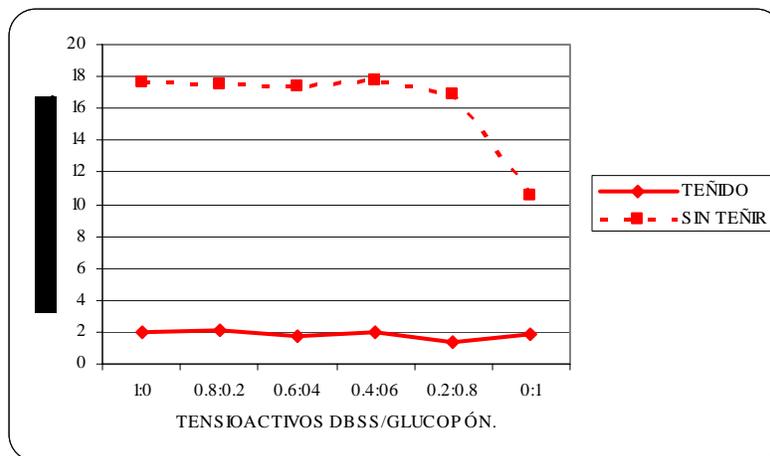


Figura 52.- Diferencia de color del colorante Rojo Sirius 4B en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente H y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Glucopón) a distintas proporciones molares.

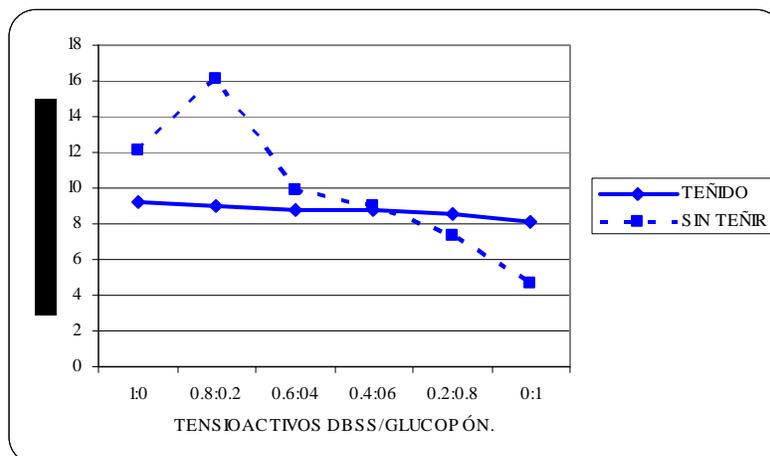


Figura 53.- Diferencia de color del colorante l Sirius Royal Blue S en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente H y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Glucopón) a distintas proporciones molares.

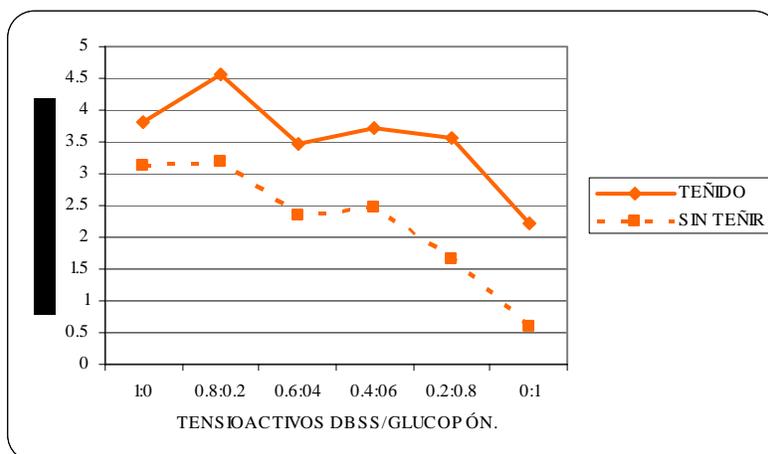


Figura 54.- Diferencia de color del colorante Anaranjado Sirius GGL en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente H y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Glucopón) a distintas proporciones molares.

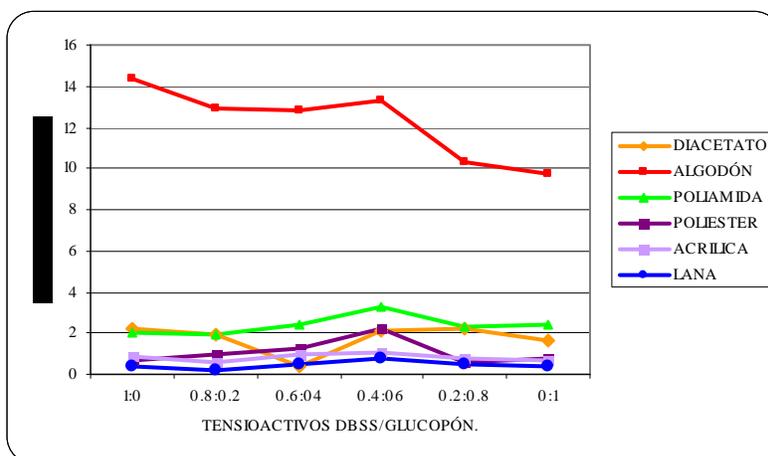


Figura 55.- Diferencia de color del colorante Rojo Sirius4B en multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente H y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Glucopón) a distintas proporciones molares.

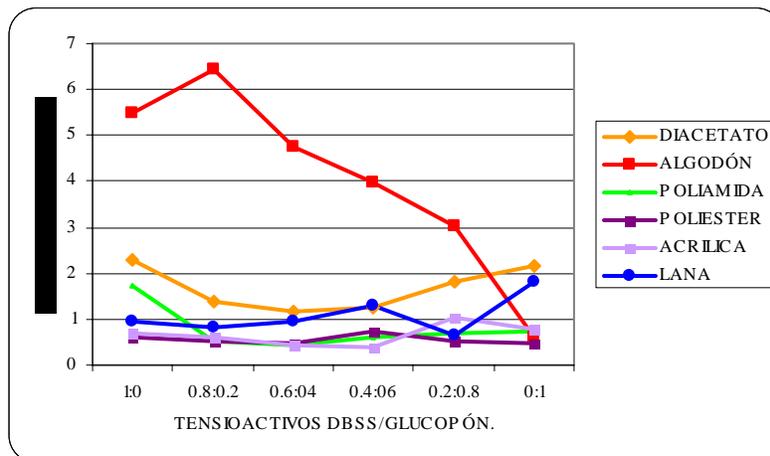


Figura 56.- Diferencia de color del colorante Sirius Royal Blue S en multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente H y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Glucopón) a distintas proporciones molares.

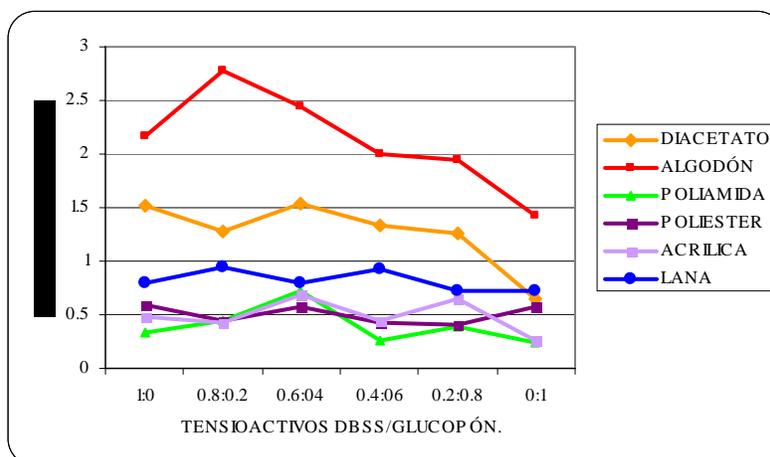


Figura 57.- Diferencia de color del colorante Anaranjado Sirius GGL en multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente H y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Glucopón) a distintas proporciones molares.

Para ésta fórmula detergente se cambió el tensioactivo no iónico (Synperonic), por Glucopón, utilizando Zeolita y Carbonato Sódico. El efecto que tuvo el tensioactivo no iónico (glucopón) en ausencia del tensioactivo aniónico (Synperonic) en el sangrado del colorante fue favorable al impedir la transferencia de color en la muestra sin teñir (figuras 52, 53 y 54). En la multifibra sucedió algo similar principalmente para la fibra de algodón para los tres colorantes (figuras 55, 56 y 57), mientras que par el resto de las fibras, principalmente en la figura 57 notamos que la variación de resultados entre una fibra y otra es notable, manteniéndose la influencia tensioactiva constante en cuanto al tema de mezclas.

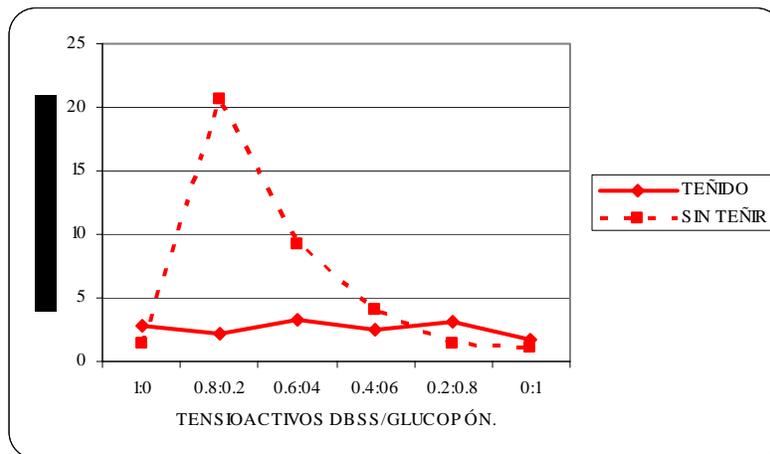


Figura 58.- Diferencia de color del colorante Rojo Sirius 4B en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente I y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Glucopón) a distintas proporciones molares.

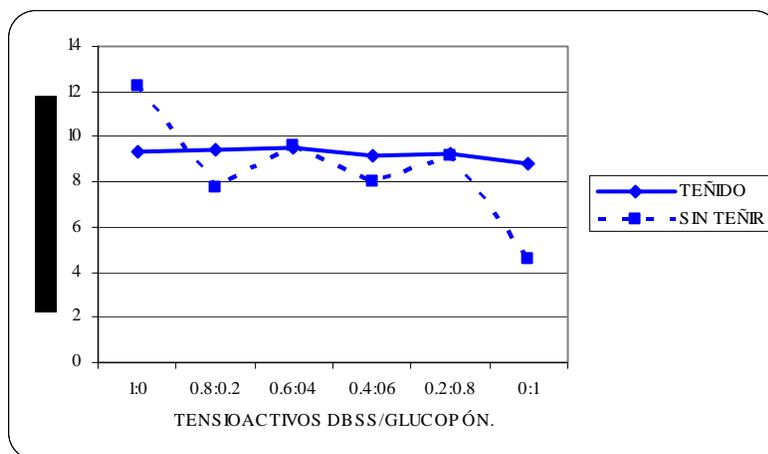


Figura 59.- Diferencia de color del colorante Sirius Royal Blue S en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente I y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Glucopón) a distintas proporciones molares.

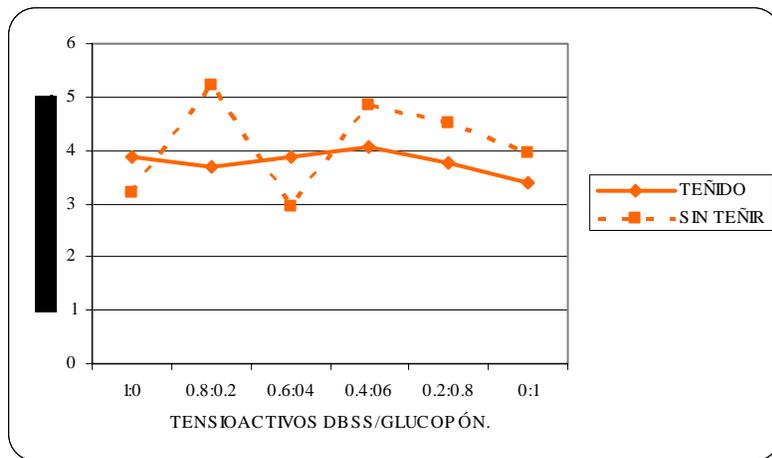


Figura 60.- Diferencia de color del colorante Anaranjado Sirius GGL en tejido de algodón teñido y sin teñir después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente I y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Glucopón) a distintas proporciones molares.

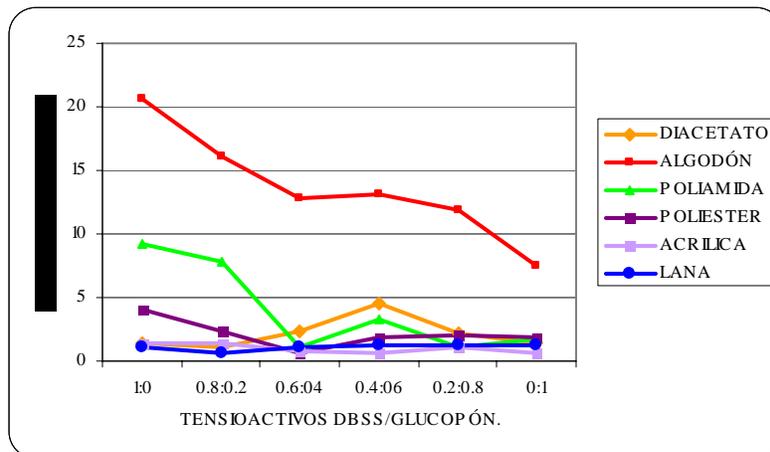


Figura 61.- Diferencia de color del colorante Rojo Sirius 4B en multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente I y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Glucopón) a distintas proporciones molares.

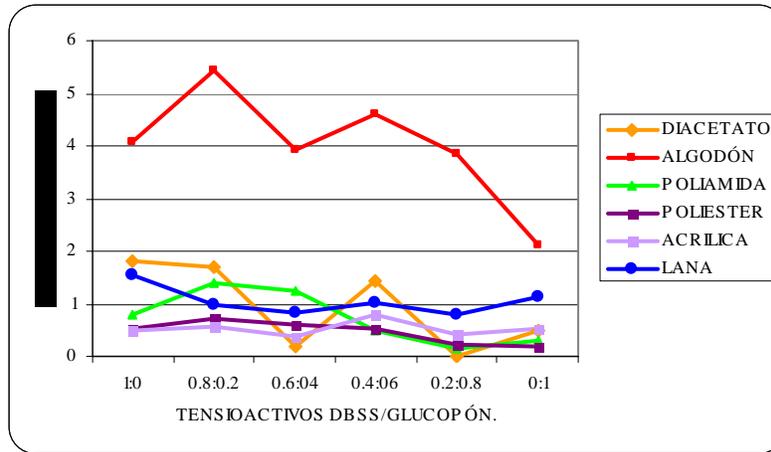


Figura 62.- Diferencia de color del colorante Sirius Royal Blue S en multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente I y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Glucopón) a distintas proporciones molares.

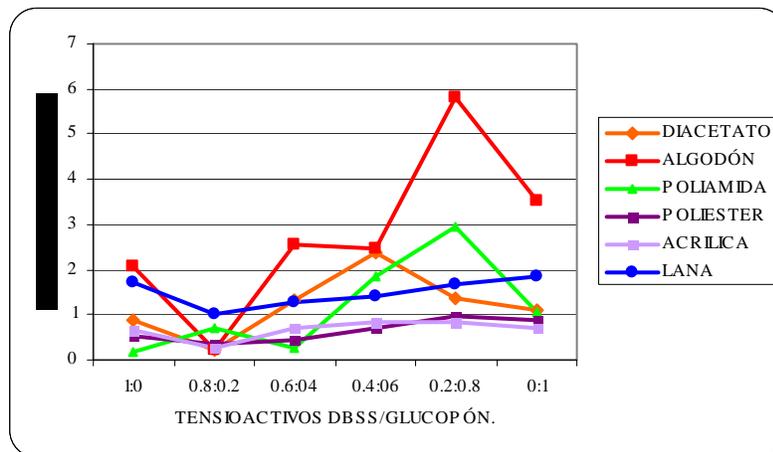


Figura 63.- Diferencia de color del colorante Anaranjado Sirius GGL en multifibra después de un lavado a 30°C con la fórmula detergente I y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Glucopón) a distintas proporciones molares.

En esta fórmula detergente igualmente se utilizó como tensioactivo no iónico el Glucopón en combinación con Tripolifosfato Sódico, y se observa que el sangrado del colorante es menor en la presencia total de tensioactivo no iónico (Glucopón), para la decoloración no hay gran diferencia en la influencia de tensioactivos (Figuras 58, 59 y 60). En cuanto a la multifibra en las figuras 61, 62 y 63, se nota mayor influencia para la fibra de algodón que para las otras, siendo más eficiente cuando hay ausencia de

tensioactivo aniónico, en el resto de las fibras se aprecia que los tensioactivos por separado funcionan mejor que estando mezclados.

9.3. Eficiencia detergente.

Una vez que se ha observado la influencia detergente en muestras teñidas, procederemos a observar la influencia detergente en manchas como vino tinto, zumo de frutas tropicales, café y ácido oléico, utilizando las fórmulas detergentes que nos proporcionaron mejores resultados.

A continuación se muestran las gráficas comparativas entre una fórmula detergente y otra:

Tabla 17.- Influencia detergente en una mancha de café sobre tejido de algodón utilizando las fórmulas detergentes B, D, I y H

CONCENTRACION	EFICIENCIA DETERGENTE (%)			
	FORMULA D	FORMULA B	FORMULA I	FORMULA H
1:0	85.79	93.54	70.56	76.22
0.8:0.2	83.14	92.05	72.23	76.44
0.6:0.4	83.37	94.27	72.41	77.17
0.4:0.6	86.45	92.36	71.48	76.78
0.2:0.8	79.00	94.41	71.04	76.87
0:1	85.00	93.08	71.73	77.00

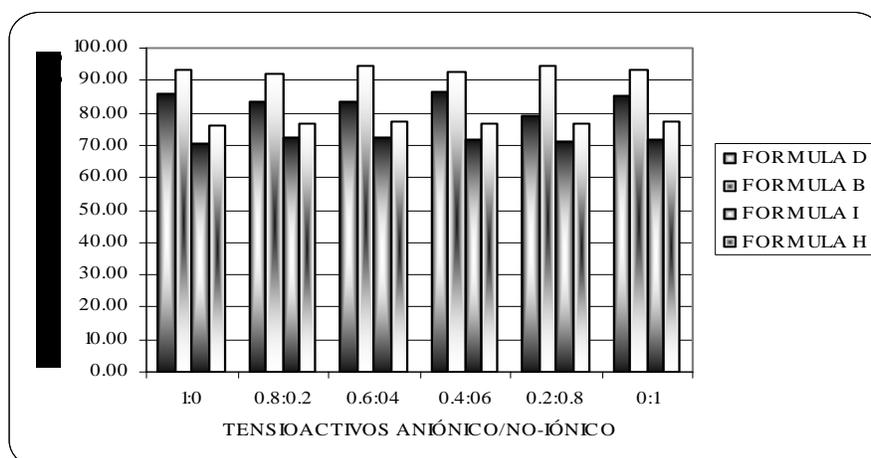


Figura 64.- Eficiencia detergente después de un lavado a 30°C con las fórmulas detergentes D, B, I y H, de una muestra de algodón manchado con café y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic/Glucopón) a distintas proporciones molares.

Tabla 18.- Influencia detergente en una mancha de vino tinto sobre tejido de algodón utilizando las fórmulas detergentes B, D, I y H

CONCENTRACIÓN	EFICIENCIA DETERGENTE (%)			
	FORMULA D	FORMULA B	FORMULA I	FORMULA H
1:0	58.47	101.21	71.33	78.68
0.8:0.2	94.19	108.20	72.22	78.95
0.6:0.4	103.00	103.38	71.37	78.31
0.4:0.6	105.15	103.28	71.50	79.32
0.2:0.8	101.17	107.19	70.24	79.17
0:1	94.04	102.78	69.94	77.14

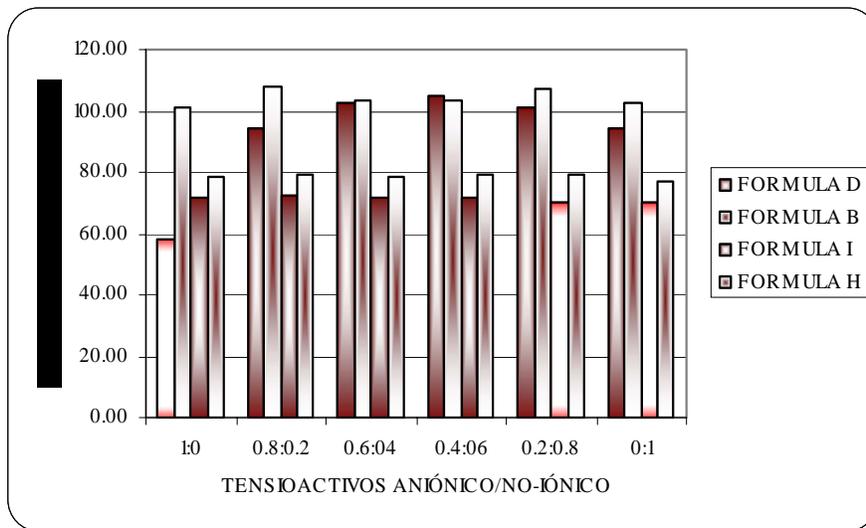


Figura 65.- Eficiencia detergente después de un lavado a 30°C con las fórmulas detergentes D, B, I y H, de una muestra de algodón manchado con vino tinto y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic/Glucopón) a distintas proporciones molares.

Tabla 19.- Influencia detergente en una mancha de zumo de frutas del bosque sobre tejido de algodón utilizando las fórmulas detergentes B, D, I y H

CONCENTRACIÓN	FÓRMULA DETERGENTE (%)			
	FORMULA D	FORMULA B	FORMULA I	FORMULA H
1:0	70.07	97.64	70.40	77.74
0.8:0.2	70.56	99.93	71.07	79.00
0.6:0.4	70.37	100.25	71.64	78.46
0.4:0.6	61.47	102.05	73.79	78.95
0.2:0.8	104.02	100.34	72.31	78.82
0:1	73.67	96.05	71.77	78.05

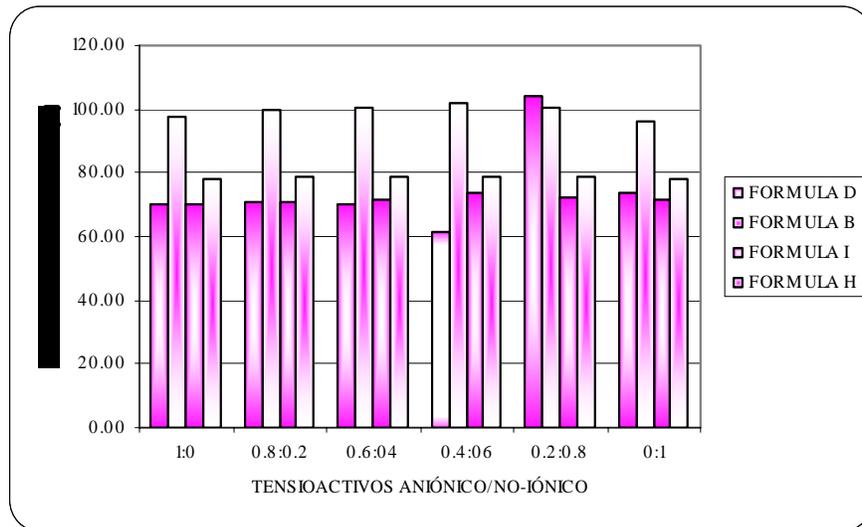


Figura 66.- Eficiencia detergente después de un lavado a 30°C con las fórmulas detergentes D, B, I y H de una muestra de algodón manchada con zumo de frutas del bosque y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic/Glucopón) a distintas proporciones molares.

Tabla 20.- Influencia detergente en una mancha de ácido oléico sobre tejido de algodón utilizando las fórmulas detergentes B, D, I y H

CONCENTRACIÓN	EFICIENCIA DETERGENTE (%)			
	FORMULA D	FORMULA B	FORMULA I	FORMULA H
1:0	77.50	80.03	78.24	79.17
0.8:0.2	79.18	80.10	79.04	80.47
0.6:0.4	79.32	80.12	78.83	80.30
0.4:0.6	79.64	80.04	78.90	80.29
0.2:0.8	78.54	79.67	79.28	80.18
0:1	77.73	79.82	78.63	77.79

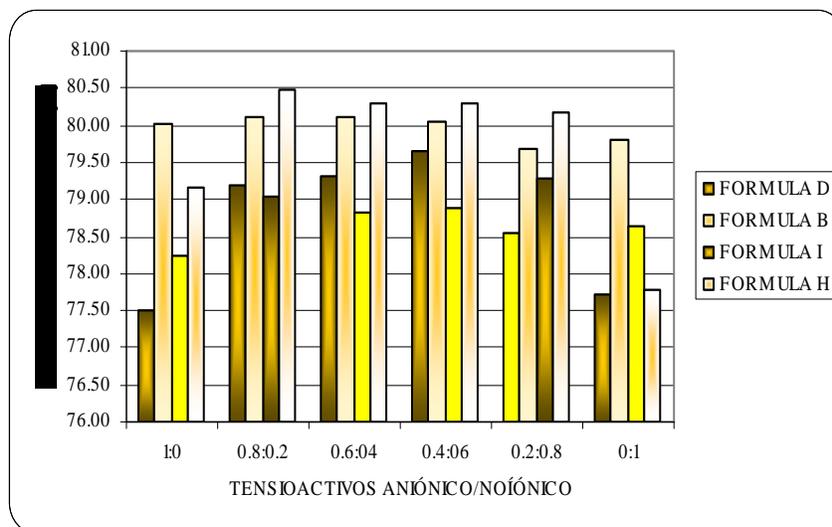


Figura 67.- Eficiencia detergente después de un lavado a 30°C con las fórmulas detergentes D, B, I y H de una muestra de algodón manchada con ácido Oléico y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic/Glucopón) a distintas proporciones molares.

Se han comparado 4 fórmulas detergentes para las figuras 64, 65, 66, y 67 en las cuales tenemos como detergentes básicos el Percarbonato Sódico y Mykon, los componentes detergentes y tensioactivos no iónicos son los que cambian. La primera de ellas (D), contiene Tripolifosfato Sódico y Synperonic, la segunda (B) Zeolita y Carbonato Sódico con Synperonic, la tercera, (I) contiene Tripolifosfato Sódico y Glucopón y por último la fórmula H contiene Zeolita y Carbonato Sódico y Glucopón. De los resultados obtenidos podemos concluir que la eficiencia detergente más óptima se da con la mezcla de Zeolita y Carbonato Sódico aumentando su eficiencia con el uso del tensioactivo no iónico Synperonic, en cuanto a las mezclas obtenemos que los valores intermedios tienen mejores resultados que las mezclas extremas.

9.4. Blancuras y redeposición

La extracción de la suciedad del sustrato durante el lavado no es siempre completa. Las impurezas que componen dicha suciedad, pueden ser captadas por el sustrato en mayor o menor medida, constituyendo este fenómeno una redeposición de tales impurezas sobre el mismo⁽⁸⁾.

Para esta prueba se han puesto en el mismo lugar de lavado, muestras de algodón manchado y sin manchar, midiendo previamente la reflectancia para el algodón manchado y el grado de blancura para la muestra sin manchar. Una vez que se ha terminado el ciclo de lavado, se vuelve a medir el grado de blancura de las muestras sin machar para poder definir la diferencia de blancura entre una y otra muestra y determinar la influencia del detergente de las fórmulas detergentes utilizadas.

A continuación se puede observar gráficamente las diferencias de blancura entre una muestra y otra.

Tabla 21.- Diferencia de blancura de una muestra de algodón manchada con café antes y después de un lavado a 30°C con las fórmulas detergentes B, D, I y H

CONCENTRACIÓN	BLANCURAS				
	SIN LAVAR	FORMULA D	FORMULA B	FORMULA I	FORMULA H
1:0	77.97	70.32	62.64	68.90	73.97
0.8:0.2		61.26	64.08	70.46	74.57
0.6:0.4		59.87	58.10	71.96	75.14
0.4:0.6		62.36	63.52	70.70	74.60
0.2:0.8		54.44	64.47	70.47	74.61
0:1		65.21	61.83	71.64	74.90

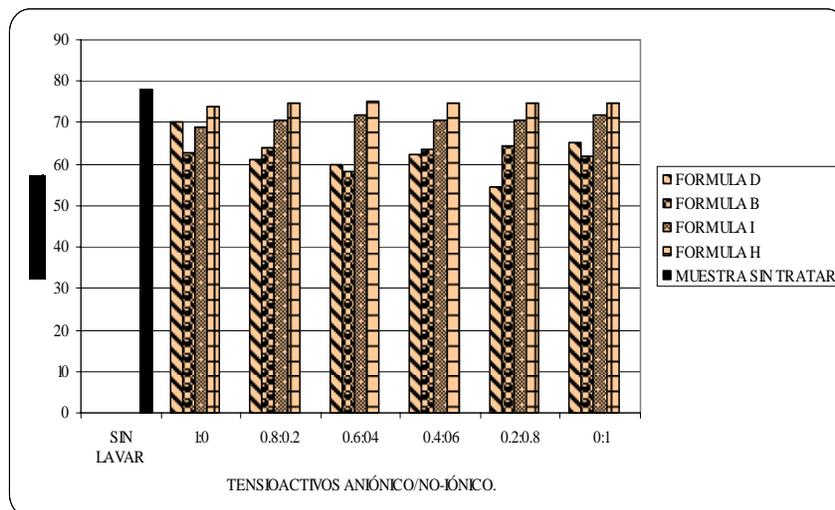


Figura 68.- Comparación de blancura entre una muestra de algodón sin lavado y una muestra lavada a 30°C con las fórmulas detergentes D, B, I y H y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic/Glucopón) a distintas proporciones molares.

Tabla 22.- Diferencia de blancura de una muestra de algodón manchada con vino tinto antes y después de un lavado a 30°C con las fórmulas detergentes B, D, I y H

CONCENTRACIÓN	BLANCURAS				
	SIN LAVAR	FORMULA D	FORMULA B	FORMULA I	FORMULA H
1:0	77.97	70.85	72.33	71.99	73.52
0.8:0.2		71.73	72.18	71.45	75.90
0.6:0.4		70.67	72.57	72.66	75.13
0.4:0.6		69.77	72.81	71.96	75.41
0.2:0.8		71.66	72.22	71.90	75.26
0:1		70.85	72.86	66.72	74.65

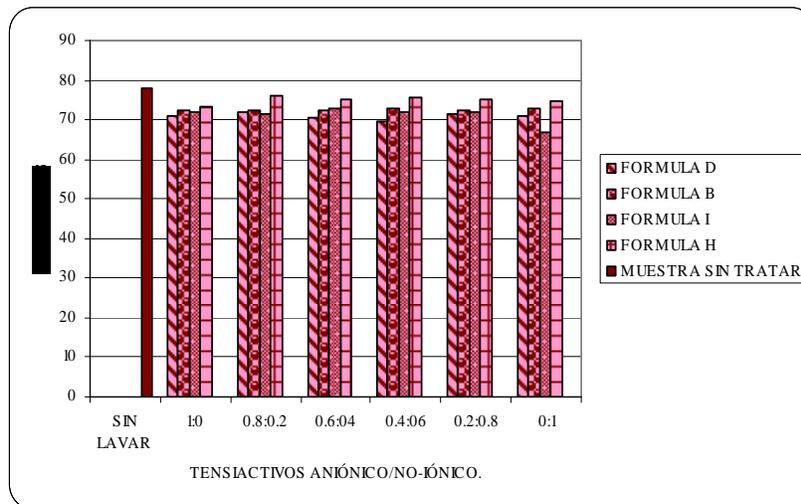


Figura 69.- Comparación de blancura entre una muestra de algodón sin lavado y una muestra lavada a 30°C con las fórmulas detergentes D, B, I y H y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic/Glucopón) a distintas proporciones molares.

Tabla 23.- Diferencia de blancura de una muestra de algodón manchada con zumo de frutas del bosque antes y después de un lavado a 30°C con las fórmulas detergentes B, D, I y H

CONCENTRACIÓN	BLANCURAS				
	SIN LAVAR	FORMULA D	FORMULA B	FORMULA I	FORMULA H
1:0	77.97	59.81	72.13	69.52	73.49
0.8:0.2		64.60	72.25	66.18	72.99
0.6:0.4		69.59	70.49	67.11	73.31
0.4:0.6		67.21	72.51	72.23	72.93
0.2:0.8		72.16	68.52	70.59	73.47
0:1		69.78	70.27	69.12	73.05

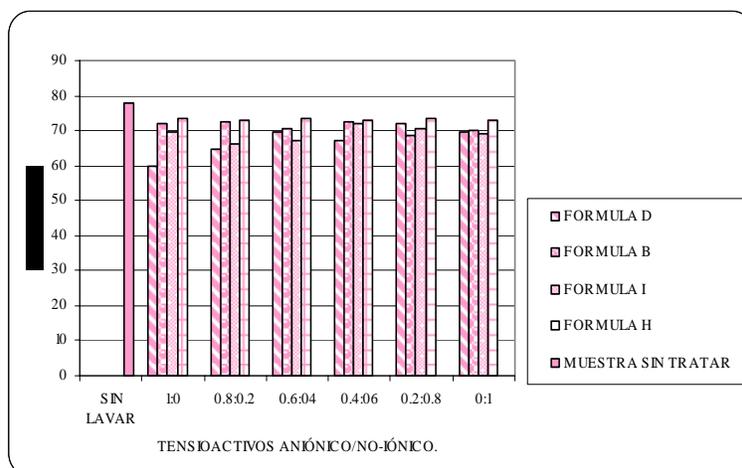


Figura 70.- Comparación de blancura entre una muestra de algodón sin lavado y una muestra lavada a 30°C con las fórmulas detergentes D, B, I y H y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic/Glucopón) a distintas proporciones molares.

Tabla 24.- Diferencia de blancura de una muestra de algodón manchada con ácido oléico antes y después de un lavado a 30°C con las fórmulas detergentes B, D, I y H

CONCENTRACION	BLANCURAS				
	SIN LAVAR	FORMULA D	FORMULA B	FORMULA I	FORMULA H
1:0	77.97	71.04	73.29	73.84	75.25
0.8:0.2		72.09	73.38	72.31	75.89
0.6:0.4		73.12	73.88	71.48	76.22
0.4:0.6		72.58	73.63	72.06	74.64
0.2:0.8		71.47	73.31	72.15	74.82
0:1		72.36	74.12	71.10	72.07

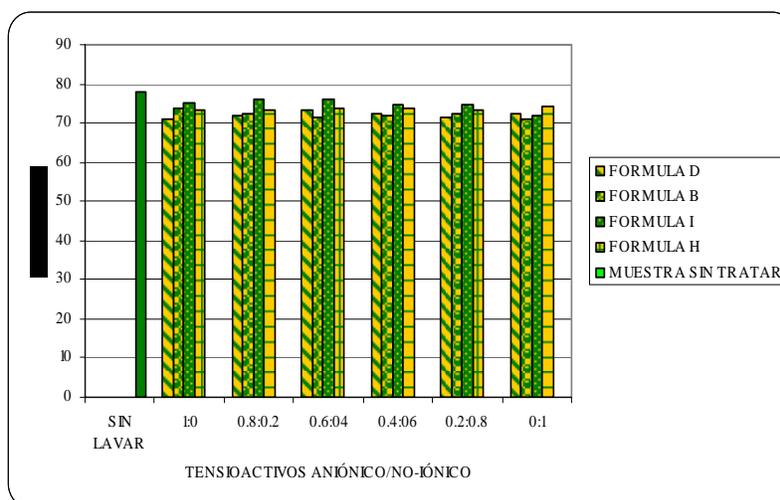


Figura 71.- Comparación de blancura entre una muestra de algodón sin lavado y una muestra lavada a 30°C con las fórmulas detergentes D, B, I y H y tensioactivos aniónico (DBSS) y no iónico (Synperonic/Glucopón) a distintas proporciones molares.

Para este estudio, se utilizaron las mismas fórmulas detergentes que en las últimas 4 figuras, la diferencia es que ahora mediremos la blancura obtenida después del lavado. Se deduce que a consecuencia del uso de Carbonato Sódico siendo éste un blanqueante obtenemos resultados de mayor eficiencia en el uso de este producto, aumentándola cuando se combina con el uso de tensioactivo no iónico Glucopón. Los resultados se pueden observar en las figuras 68, 69, 70 y 71.

9.5 Aspecto microscópico del tejido de algodón manchado.

Se hicieron algunas fotografías al microscopio para comparar el aspecto de una muestra de algodón limpio con una muestra de algodón manchado con vino tinto, zumo de frutas del bosque, café y ácido oleico.

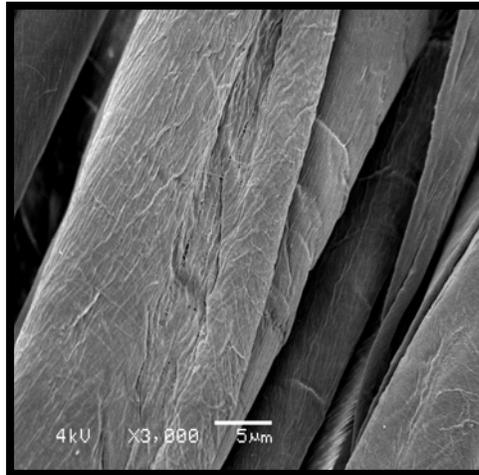


Figura 72.- Muestra de algodón limpio

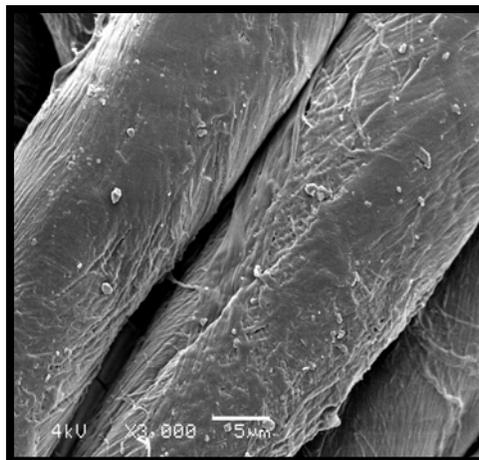


Figura 73.- Muestra de algodón manchado con café.

Comparando las dos figuras anteriores de algodón limpio y algodón manchado con café observamos impurezas sólidas en el algodón manchado propias del café.

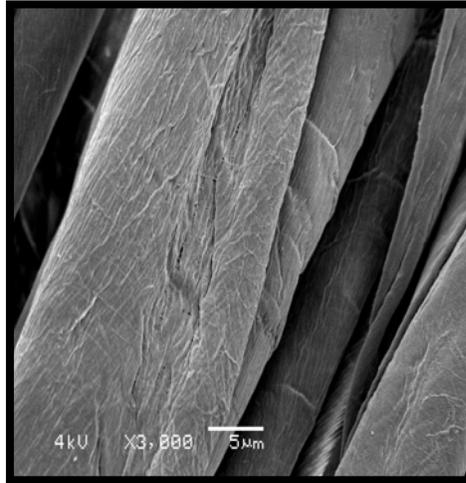


Figura 74.- Muestra de algodón limpio.

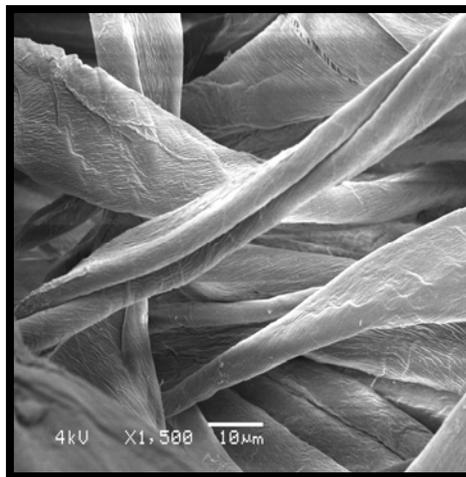


Figura 75.- Muestra de algodón manchado con vino tinto.

Tomando en cuenta que el vino tinto es una mancha soluble, se aprecia ligeramente un cambio de color en las fibras de algodón al ser manchado, en éstas fotografías no se observan partículas sólidas impregnadas en la fibra.

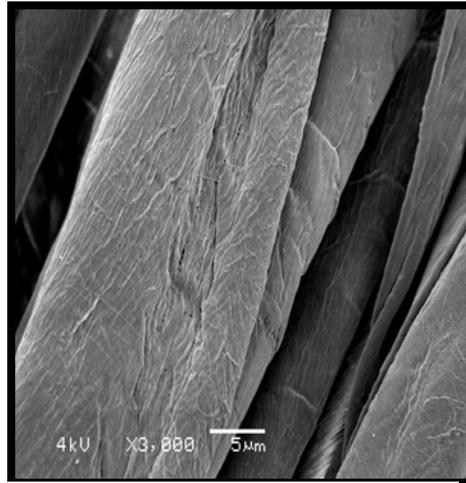


Figura 76.- Muestra de algodón limpio

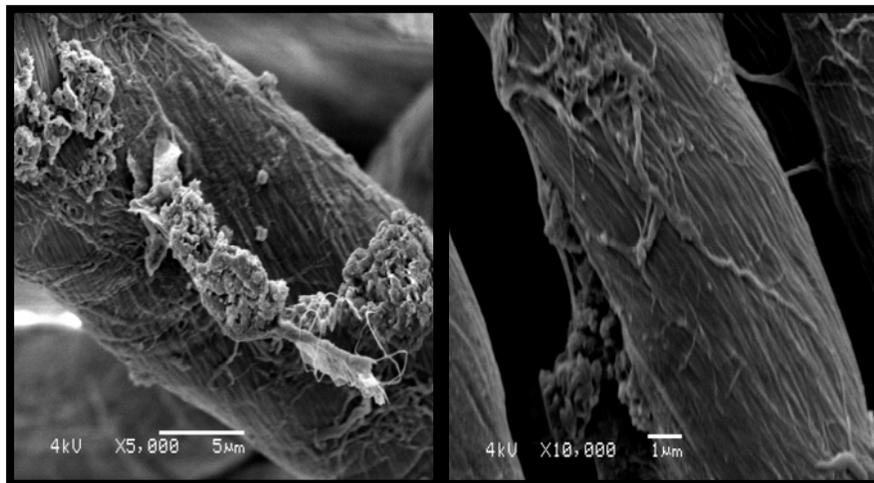


Figura 77A

Figura 77B

Muestras de algodón manchadas con zumo de frutas del bosque.

En éstas imágenes podemos observar la presencia de partículas sólidas de mayor tamaño a comparación de las del café. El zumo utilizado para éste tipo de manchas fue de frutas del bosque, las cuales son: fresas, moras, fresones y arándanos; dichos frutos, principalmente la fresa y el fresón desprenden cantidades considerables de partículas sólidas y esto es lo que se aprecia en las imágenes.

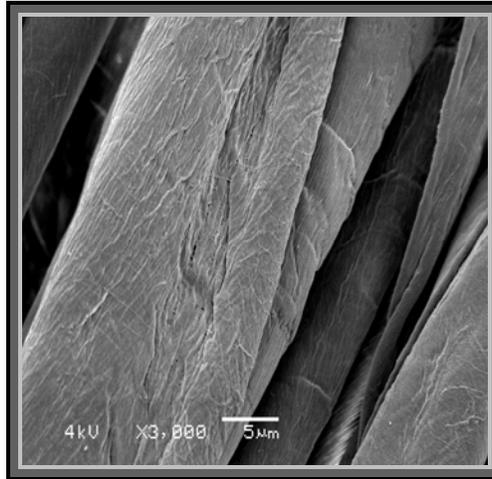


Figura 78.- Muestra de algodón limpio.

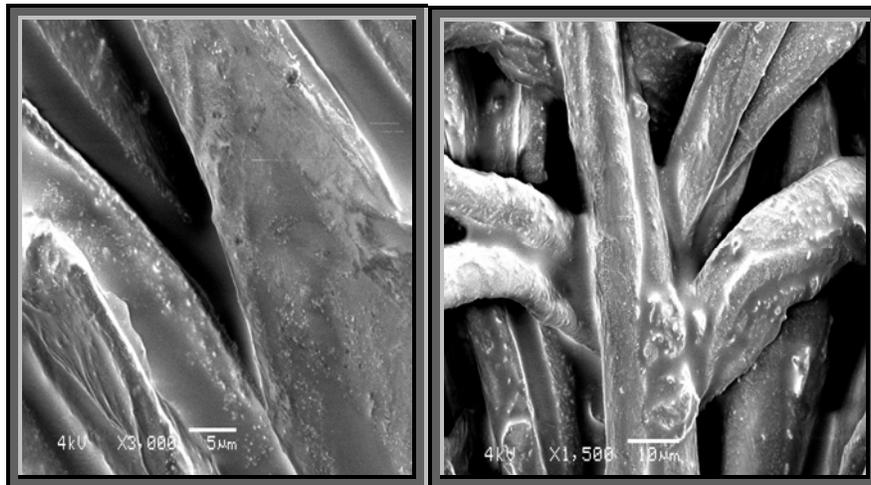


Figura 79 A

Figura 79 B

Muestras de algodón manchadas con Ácido Oléico.

Conociendo que los lípidos son absorbidos por la fibra de algodón, podemos notar que el ácido oleico siendo éste una grasa, se encuentra totalmente impregnado en la fibra de algodón, dando al algodón una apariencia viscosa y grasosa.

10. CONCLUSIONES

De este trabajo se concluye lo siguiente:

1. Se notan mayores diferencias en el colorante Rojo Sirius 4B que en los otros dos colorantes.
2. La influencia que tiene el percarbonato sódico, el Mykon y el Baysolex en el colorante Rojo Sirius 4B ha sido notoria en la mezcla de tensioactivos donde el tensioactivo aniónico predomina más (DBSS), en cuanto al sangrado se concluye que las mezclas de tensioactivos no presentan gran diferencia entre una y otra. En el caso de la influencia que el percarbonato y el Mykon tienen con la degradación de color, tiende a decolorarse menos en presencia de tensioactivo no iónico (Synperonic) mientras que en el sangrado se observa un ligero aumento en la mezcla de tensioactivos intermedia que en los tensioactivos por separado. Para cuando se duplican las cantidades de los componentes detergentes ya mencionados, notamos que la influencia de éstos es significativa, con mayor cantidad de tensioactivo aniónico (DBSS), la degradación es mayor que con el tensioactivo no iónico (Synperonic).
3. Comparando la influencia que tiene el TPP con la Zeolita y el Carbonato Sódico añadiendo una enzima, tenemos que obtenemos mejores resultados con el TPP en ausencia de tensioactivo aniónico (DBSS) y con la zeolita no se han encontrado cambios significativos, hablando del sangrado se observa un ligero aumento de descarga de color en la proporción media de tensioactivos.
4. Haciendo una comparación de los resultados obtenidos entre las mezclas detergentes B (que contiene Percarbonato Sódico, Mykon, 15% de Na_2CO_4 , 30% de Zeolita) y G (contiene lo mismo que B solo que se le ha agregado Baysolex 80mg/l) obtenemos que en la reacción en ambas fórmulas para la muestra no presenta gran variación de decoloración, simplemente se nota una ligera variante en la fórmula G en ausencia de tensioactivo aniónico (DBSS). Hablando del sangrado podemos decir que la influencia que tuvo la fórmula B no es muy visible aunque se nota un ligero cambio con la ausencia de tensioactivo aniónico (DBSS) mientras que en la fórmula G se observa que no influye de manera relevante las mezclas tensioactivas.
5. Comparando la fórmula detergente que contiene TPP con otra que igualmente lo contiene pero se ha agregado una enzima notamos que la decoloración del colorante no presenta gran diferencia entre una y otra fórmula, en cuanto al sangrado se puede decir lo mismo, añadiendo que la cantidad de sangrado se mantiene constante.
6. La diferencia que hay entre lavar con TPP y Zeolita y Carbonato Sódico es casi nula tanto para el sangrado como para la decoloración.
7. Se hizo una mezcla similar a la anterior solo que se cambió el tensioactivo no iónico (Synperonic) por Glucopón, y podemos decir que los resultados de la influencia de

las mezclas tensioactivas no dan grandes diferencias entre una y otra, se nota una ligera disminución de color en la fórmula que contiene zeolita mientras que el sangrado se mantiene muy poco visible.

8. En cuanto a los colorantes Anaranjado Sirius GGL y Sirius Blue S, se puede decir que tanto las decoloraciones como los sangrados de colorante son casi nulos en las fórmulas detergentes utilizadas, por lo general existe una mayor degradación del colorante en ausencia de tensioactivo aniónico (DBSS) para el color Anaranjado Sirius GGL, en cuanto a las degradaciones para el colorante Sirius Blue S hay mayor degradación mientras haya presencia de tensioactivo aniónico (DBSS), pero podemos decir que las mezclas tensioactivas no influyen de gran manera en ninguno de los dos colorantes.
9. Para las multifibras se deduce que el sangrado no es muy significativo a excepción del algodón puesto que se ha teñido con colorantes directos siendo estos más efectivos para la tintura de algodón y se nota un ligero sangrado el diacetato. En cuanto al sangrado del resto de las fibras no es relevante y por consiguiente la acción de los tensioactivos tampoco. Para determinar la influencia detergente en muestras sin teñir manchadas con vino tinto, zumo de frutas del bosque, ácido oleico y café se utilizaron 4 fórmulas detergentes distintas, comparando la acción del TPP con Zeolita y Carbonato Sódico utilizando como tensioactivo aniónico DBSS y como no iónico Synperonic en las primeras 2 fórmulas y glucopón en las siguientes 2 fórmulas detergentes:
10. La eficiencia detergente de la zeolita con el Synperonic supera el 90%, con el TPP y el synperonic se mantiene en un rango del 80 al 85% mientras que los resultados obtenidos con el tensioactivo no iónico (Glucopón) no fueron tan relevantes como la fórmula anterior, los mejores resultados en cuanto al tema de los tensioactivos tanto para el Synperonic y el Glucopón se dan en las concentraciones intermedias 0.4:0.6 (proporciones molares de tensioactivos aniónico y no iónico respectivamente) viceversa para las manchas antes mencionadas.
11. En cuanto a las blancuras que se midieron se obtuvo mejor resultado con el tensioactivo no iónico Glucopón, tendiendo a dar resultados óptimos en las proporciones medias de tensioactivos así como una blancura notable con la Zeolita y el carbonato sódico.
12. De las imágenes obtenidas por medio del microscopio electrónico podemos observar la apariencia del algodón una vez que se han manchado utilizando distintos productos. Notamos que aunque son productos líquidos la apariencia en el tejido cambia considerablemente entre uno y otro, algunos contienen partículas sólidas que se quedan impregnadas en el tejido de la fibra, otros son de origen grasa y dan una apariencia de recubrimiento aceitoso a la fibra y algunas mas no presentan cambios drásticos entre la fibra limpia y la fibra manchada, como es el caso del vino tinto.

11. SUGERENCIAS PARA FUTUROS TRABAJOS

El tiempo que se dispuso para realizar este trabajo fue de seis meses lo que varios puntos de la investigación pueden abordarse y enriquecerse con tratamiento estadístico. En trabajos posteriores es recomendable considerarse suciedades más amplias a las consideradas en este trabajo y por ende, ampliar posibles formulaciones con una mayor eficacia.

Por otra parte, debe recomendarse establecer el balance de las formulaciones para el ahorro de agua en procesos de lavado a partir de una lavadora convencional de uso doméstico.

No debe olvidarse abordar el tema de costos, que suele omitirse en estos estudios. Ya se por considerarlos sin importancia o porque el tiempo destinado al proyecto no permite su tratamiento como fue nuestro caso. Sin que por ello lo consideremos intrascendente.

Es interesante que el estudio parta de una planeación experimental aplicando algún diseño que permita determinar los errores de los datos obtenidos en el estudio, así como un tratamiento estadístico formal.

En cuanto al estudio de las superficies de las fibras tanto limpias como con café, zumos, etc, contenidas en este trabajo considero son adecuadas y considero muy necesario ampliar este punto.

Al inicio de esta parte, cite utilizar un análisis estadístico de los datos contenidos en este trabajo, que por motivos de lo limitado de la estancia se omiten en este documento.

12. BIBLIOGRAFÍA

1. Pascual Capilla, José M. Artiagas y Jaume Pujol, Coords.; (2002), “Fundamentos de Colorimetría”, Universitat de València.
2. José Cegarra, José Valldeperas, Publio Puente; (1990), “Fundamentos científicos y aplicados de la tintura de materiales textiles”, Universidad Politécnica de Barcelona.
3. R. S. Horsfall y L. G. Lawrie; (1956), “Tintura de las fibras textiles”, Editorial MONTESÓ.
4. Alain Chrismet; “Color y colorimetría”, Editions 3C CONSEIL.
5. J. J. García Domínguez; (1986), “Tensioactivos y detergencia”, Editorial DOSSAT, S.A.
6. Joaquín Sánchez Leal; (1995), “Aspectos ecológicos de los detergentes”, GESTIÒ I PROMOCIÒ EDITORIAL, S.A.
7. Warren S. Perkins; (1996), “Textile coloration and finishing”.
8. F. J. Carrión Fité; (2004), “Apuntes de Bases de Detergencia Textil”, EUETIT.
9. Joaquín Gacén Guillén; (1991), “Fibras textiles. Propiedades y descripción”, Universitat Politècnica de Catalunya.
10. Joaquín Gacén Guillén y Josefina Maillo G.; (1987), “Algodón y celulosa. Estructura y propiedades”, Universitat Politècnica de Catalunya.
11. Fichas técnicas de productos y equipo utilizado.

Páginas web.

- I. www.avacobital.com
- II. www.redquímica.pquim.unam.mx
- III. www.kiptron.psyc.virginia.edu
- IV. www.fonostra.com
- V. www.fmcforet.com