



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

DE INGENIERA TEXTIL

TEMA:

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE AFINIDAD TINTÓREA DE COLORANTES DIRECTOS AMARILLO, AZUL Y ROJO EN FIBRAS DE ALGODÓN, BAMBÚ Y ACETATO DE CELULOSA”

AUTORA:

ADELA YOMAIRA ESTACIO CHULDE

DIRECTOR:

MSC. DARWIN JOSÉ ESPARZA ENCALADA

IBARRA, 2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.

En el cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL AUTOR	
CÉDULA DE IDENTIDAD	040186735-3
APELLIDOS Y NOMBRES	Estacio Chulde Adela Yomaira
DIRECCIÓN	Calle Latacunga y Arturo Hidalgo
E-MAIL	adelayech@gmail.com
TELÉFONO MÓVIL	0959174219
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO	“Análisis comparativo de afinidad tintórea de colorantes directos amarillo, azul y rojo en fibras de algodón, bambú y acetato de celulosa”
AUTOR	Estacio Chulde Adela Yomaira

FECHA	16 de Octubre del 2020
PROGRAMA	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA	Ingeniería Textil
ASESOR	MSc. Darwin Esparza

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo sin violar los derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá en defensa de la universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los dieciséis días del mes de octubre del 2020

EL AUTOR:



Nombre: Adela Yomaira Estacio Chulde

C.I. 0401867353



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

Certifico que bajo mi dirección el trabajo de grado titulado **“ANÁLISIS COMPARATIVO DE AFINIDAD TINTÓREA DE COLORANTES DIRECTOS AMARILLO, AZUL Y ROJO EN FIBRAS DE ALGODÓN, BAMBÚ Y ACETATO DE CELULOSA”** fue desarrollado en su totalidad por la señorita Estacio Chulde Adela Yomaira previo a la obtención del título de Ingeniera Textil.

Certifico que ha sido dirigida en todas sus partes, cumpliendo con todas las disposiciones emitidas por la Universidad Técnica del Norte en lo referente a la elaboración del Trabajo de Grado.

Por lo expuesto.

Autorizo su presentación ante los organismos competentes para sustentación de este.

MSc. Darwin Esparza

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

DEDICATORIA

Con mérito especial y con todo mi cariño este trabajo de grado se lo dedico a Dios y a San Juan Bautista quienes me dieron la fe, la fortaleza y la salud para lograr mis objetivos. A mi familia, mis padres Ulpiano y Nelly, mi hermana Isabel quienes me apoyaron de manera incondicional en todos los aspectos de mi trayectoria estudiantil, pero más que nada por su amor. Por último, a mis compañeros de clase, en especial a Jime, Martis y Grace, porque con amistad grupal logramos culminar una etapa más de su nuestras vidas.

A todos ellos,

Muchas gracias

Yomaira Estacio

AGRADECIMIENTO

A Dios y San Juan Bautista por las innumerables bendiciones que me han regalado para cumplir con uno de mis grandes objetivos.

A mis padres, hermana, abuelitos, tíos, tías, tíos políticos, primos por su apoyo incondicional y por ser quienes siempre han estado con palabras de aliento, motivándome a seguir adelante durante todo mi camino estudiantil.

A la Universidad Técnica del Norte por abrirme las puertas para mi formación académica.

A mi Director de tesis, MSc Darwin Esparza por brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia para la realización de este trabajo de investigación.

Al MSc Fernando Fierro por su apoyo y guía en las prácticas pre profesionales para culminar mi carrera universitaria.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Textil quienes me han compartido sus conocimientos con paciencia, perseverancia y motivación a lo largo de la carrera.

Yomaira Estacio

ÍNDICE DE CONTENIDO

1	Introducción	1
1.1	Antecedentes.....	2
1.2	Objetivos.....	2
1.2.1	Objetivo general	2
1.2.2	Objetivos específicos.....	3
1.3	Importancia del Estudio.....	3
1.4	Características del Sitio del Proyecto	4
2	Estado del Arte.....	5
2.1	Estudios previos.....	5
2.1.1	Fibras celulósicas	5
2.1.2	Colorantes directos	10
2.1.3	Afinidad tintórea de colorantes directos.....	12
2.2	Marco conceptual	16
2.2.1	Fibras celulósicas.	16
2.2.2	Colorantes.....	27
2.2.3	Afinidad tintórea	31
2.2.4	Procesos de tintura	32
2.2.5	Colorimetría	34
2.3	Normas, Testeo y Resultados	37
2.3.1	Normas	37

3	METODOLOGÍA	39
3.1	Métodos de Investigación.....	39
3.2	Recopilación de la Información.....	41
3.3	Diseño Muestral.....	41
3.3.1	Selección de la muestra.....	42
3.4	Metodología de Campo	45
3.4.1	Proceso de tintura	47
3.4.2	Prueba de solidez de color al lavado	52
3.5	Procesamiento de Datos.....	55
3.6	Métodos y Técnicas Estadísticas Utilizadas.....	56
4	RESULTADOS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS	57
4.1	Resultados.....	57
4.1.1	Resultados de intensidad de color.	57
4.1.2	Resultados de degradación de color.	58
4.1.1	Resultados de transferencia de color.....	59
4.2	Evaluación de Resultados.....	61
4.2.1	Normalidad de los datos.....	61
4.2.2	Análisis de resultados.....	64
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
5.1	Conclusiones.....	99
5.2	Recomendaciones	102

6	ANEXOS	104
7	BIBLIOGRAFÍA	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición química del algodón.....	19
Tabla 2 Propiedades físicas del algodón	19
Tabla 3 Ventajas de la fibra de bambú.....	20
Tabla 4 Composición de la pared del culmo en dirección axial.....	23
Tabla 5 Propiedades físicas de la fibra de viscosa de bambú.	24
Tabla 6 Propiedades químicas del acetato de celulosa.....	25
Tabla 7 Propiedades físicas del acetato de celulosa.....	26
Tabla 8 Especificaciones de tejidos	43
Tabla 9 Colorantes directos amarillo, azul y rojo	43
Tabla 10 Hoja de tintura para algodón, bambú y acetato de celulosa con colorantes directos	49
Tabla 11 Condiciones de prueba método 3A de solidez al lavado.....	52
Tabla 12 Resultados de intensidad de color	58
Tabla 13 Resultados de degradación de color	59
Tabla 14 Resultados de transferencia de color.....	60
Tabla 15 Test de normalidad de los resultados de intensidad de color	62
Tabla 16 Test de normalidad de los resultados de degradación de color.....	62
Tabla 17 Test de normalidad de los resultados de transferencia de color	63
Tabla 18 Media de intensidad de color amarillo, azul y rojo en fibras celulósicas	65
Tabla 19 Media de intensidad de color en relación a la marca	67
Tabla 20 Media de intensidad de color en relación a la concentración.....	69

Tabla 21 Media de degradación de color amarillo, azul y rojo en fibras celulósicas	71
Tabla 22 Media de degradación de color en relación a la marca	73
Tabla 23 Media de degradación de color en relación a la concentración	75
Tabla 24 Media de transferencia de color en relación a la fibra	77
Tabla 25 Media de transferencia de color en relación a la marca	79
Tabla 26 Media de transferencia de color en relación a la concentración	81
Tabla 27 Coeficientes de variación de intensidad de color	83
Tabla 28 Coeficientes de variación de degradación de color	85
Tabla 29 Media de los coeficientes de variación de transferencia de color	87
Tabla 30 Media total de intensidad de color en relación a las marcas, fibras y concentraciones	89
Tabla 31 Media total de degradación de color en relación a las marcas, fibras y concentraciones	91
Tabla 32 Media total de transferencia de color en relación a las marcas, fibras y concentraciones	92
Tabla 33 Media total de intensidad, degradación y transferencia de color en relación a cada colorante.....	95
Tabla 34 Coeficiente de variación total de intensidad, degradación y transferencia de color por cada parámetro	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Absorción de colorante y agua por un tejido de fibrana Mann (citado en Cegarra et al., 1987)	15
Figura 2. Estructura física del algodón (Wakelyn et al, 2007).....	18
Figura 3. Diagrama de una fibra de algodón sección transversal (Karmakar, 1999).....	18
Figura 4. a) caña de bambú, b) sección transversal de la caña de bambú, c) haz vascular d) fibra e) fibras elementales f) modelo de estructura poli laminillas de bambú (Zakikhani et al.,2014).	22
Figura 5. Vistas transversales y longitudinales de fibra de viscosa de bambú (Rana et al., 2014)	23
Figura 6. Vistas longitudinales y transversales de la fibra de acetato de celulosa.....	25
<i>Figura 7. Fuerzas de Van der Waals (Pérez, s.f.)</i> <i>Figura 8. Puentes de hidrógeno</i> (Provencio, s.f.).....	31
Figura 9. Longitudes de onda del espectro visible (SENATI, 2009)	35
Figura 10. Elementos fundamentales del estudio del color (SENATI, 2009).....	35
Figura 11. Componentes del espectrómetro (Fernández, 2015)	36
Figura 12. Metodología seguida en la investigación (El autor)	40
Figura 13. Diseño de muestras de tejidos y colorantes directos amarillo, azul y rojo (El autor)	42
Figura 14. Muestras de tejidos y colorantes que se utilizan para los ensayos (El autor)	44
Figura 15. Metodología definida para el desarrollo de los ensayos (El autor)	46
Figura 16. Esquema del proceso de tintura (El autor).....	48
Figura 17. Curva del proceso de tintura con colorantes directos (El autor).....	50

Figura 18. Curva de fijado de colorantes directos (El autor)	50
Figura 19. Escala de grises para cambio de color (Datacolor, 2016).....	54
Figura 20. Escala de grises para tinción o transferencia de color (Datacolor, 2016).....	55
Figura 21. Tendencia de la media de intensidad de color en función de la fibra del tejido	66
Figura 22. Tendencia de la media de intensidad de color en función de la marca del colorante	68
Figura 23. Tendencia de la media de intensidad de color en función de la concentración del colorante.....	70
Figura 24. Tendencia de la media de degradación de color en función de la fibra del tejido..	72
Figura 25. Tendencia de la media de degradación de color en función de la marca del colorante	74
Figura 26. Tendencia de la media de degradación de color en función de la concentración del colorante.....	76
Figura 27. Tendencia de la media de transferencia de color en función de la fibra del tejido.	78
Figura 28. Tendencia de la media de transferencia de color en función de la marca del colorante	80
Figura 29. Tendencia de la media de transferencia de color en función de la concentración de color	82
Figura 30. Tendencia del coeficiente de variación de intensidad de color en relación a los parámetros.....	84
Figura 31. Tendencia del coeficiente de variación de degradación de color en relación a los parámetros.....	86
Figura 32. Tendencia del coeficiente de variación de transferencia de color en relación a los parámetros.....	88

Figura 33. Intensidad de color en relación a las fibras, marcas y concentraciones.....	90
Figura 34. Degradación de color en relación a las fibras, marcas y concentraciones	92
Figura 35. Transferencia de color en relación a las fibras, marcas y concentraciones	94
Figura 36. Tendencia de la media total de intensidad, degradación y transferencia de color en función a cada colorante	96
Figura 37. Coeficiente de variación de intensidad, degradación y transferencia de color por cada parámetro	98

RESUMEN

En este trabajo de investigación se hace un análisis comparativo de afinidad tintórea de colorantes directos amarillo, azul y rojo en tejidos de punto elaborados con fibras celulósicas con la finalidad de determinar qué colorante y cuál de los parámetros fibra, marca y concentración interviene más en la afinidad tintórea.

Para el desarrollo de este estudio se obtuvo 27 muestras de tejidos de punto de fibra de algodón, bambú y acetato de celulosa, dando un total de 81 muestras de 8 gr, las mismas que fueron tinturadas con colorantes directos amarillo, azul y rojo de tres marcas comerciales Seyquini, Quimicolours, Aromcolor y a tres concentraciones 0,5%, 1% y 3%.

Las pruebas de tinción se realizaron en el equipo Autoclave, donde las ochenta y un muestras fueron sometidas al proceso de tinción y analizadas mediante el equipo espectrofotómetro donde se obtuvo valores de intensidad de color; posteriormente se realizaron pruebas de solidez de color al lavado en el equipo Autoclave a las ochenta y un muestras mediante la norma AATCC 61-2013 SOLIDEZ DEL COLOR AL LAVADO: ACELERADO-método de prueba 3A; a continuación las muestras sometidas a la prueba de solidez fueron analizadas mediante la escala de grises del equipo espectrofotómetro donde se midió la degradación de color y transferencia de color.

Los resultados obtenidos del análisis espectrofotométrico de la intensidad, degradación y transferencia de color fueron sometidos al test de normalidad, en donde, los valores aprobaron al menos dos de los cuatro métodos de normalidad, por lo que, lograron sobrepasar el valor mínimo de confiabilidad de 0,05 p (normal), para poder ser tratados estadísticamente.

En relación a los valores obtenidos del análisis comparativo de colorantes directos, se determinó mediante la media que, el colorante directo azul es el que presenta mayor afinidad tintórea en

comparación al amarillo y rojo; además mediante el coeficiente de variación, se determinó que, indistintamente del color, el parámetro concentración es el que presenta mayor influencia en la intensidad de color y el parámetro marca es el que presenta mayor influencia en degradación y transferencia de color

Palabras clave: Afinidad tintórea, colorantes directos, fibras celulósicas, intensidad de color, degradación de color, transferencia de color, media, coeficiente de variación.



ABSTRACT

In this research, it is made a comparative analysis of dye affinity of direct yellow, blue and red dyes in knitted fabrics elaborated with cellulosic fibers to determine which pigment, and which of the parameters fiber, mark and concentration intervene more in the dye affinity.

For the development of this study was obtained 27 samples of knitted fabrics of cotton, bamboo, and cellulose acetate, giving a total of 81 samples of 8 gr, which were dyed with direct yellow, blue and red dyes of three brands Seyquiin, Quimicolours, Aromcolor, and three concentrations: 0.5%, 1%, and 3%.

The dyeing tests were carried out in Autoclave, in which the eighty-one samples were submitted to the dyeing process, and analyzed using the spectrophotometer where color intensity values were obtained. Subsequently, colorfastness tests to washing were carried out in Autoclave in eighty-one samples using the AATCC 61-2013 COLORFASTNESS TO LAUNDERING: ACCELERATED-test method 3A; then the samples submitted to the solidity test were analyzed using the grayscale of the spectrophotometer equipment to measure color degradation and transfer.

The results from the spectrophotometric analysis of the intensity, degradation, and transfer of color were subjected to the test of normality, where the values passed at least two of the four methods of normality, so they managed to exceed the minimum value of the reliability of 0.05 p (normal) to be treated statistically.

About the values obtained from the comparative analysis of direct colorants, it was determined through the mean that the blue direct dye is the one that presents greater dye affinity in comparison to yellow and red. Through the variation coefficient, it was determined that, regardless of the color, the concentration parameter has a greater influence on the color intensity and the mark parameter has a greater influence in its degradation and transference.

Keywords: Dyeing affinity, direct dyestuffs, cellulosic fibers, color intensity, color degradation, color transfer, mean, coefficient of variation.

CAPÍTULO 1

1 Introducción

El área de tintorería en la industria textil es una rama de la ingeniería, la cual siempre se encuentra en constante innovación debido al gran mercado al que esta direccionado y a las exigentes demandas de sus consumidores, es así que, los colorantes directos son utilizados cuantitativamente; sin embargo, la afinidad tintórea tiene el inconveniente a variar ante algunos parámetros, problema que se pretende analizar en esta investigación. Los parámetros en base a los cuales se espera analizar la afinidad tintórea son la fibra, marca y concentración de los colorantes directos amarillo, azul y rojo con los cuales se producen variedad de colores en sustratos de fibras celulósicas.

Este proyecto tiene la finalidad de realizar un estudio comparativo sobre la afinidad tintórea de los colorantes directos amarillo, azul y rojo en tres fibras celulósicas, para ello se comenzará investigando la parte teórica sobre todos los aspectos relacionados con el tema del proyecto; luego, se continuará con la parte práctica obteniendo las muestras de los tejidos de punto de algodón, bambú y acetato de celulosa, tres colores de tres marcas de colorantes directos y los auxiliares de tintura determinados, a continuación se procederá a realizar la tintura mediante el proceso de agotamiento con las diferentes fibras, color, marcas y porcentajes de colorantes donde se obtendrán datos de intensidad de color en el espectrofotómetro. Posteriormente se realizará el testeo de solidez de color al lavado y se obtendrán datos de cambio de color y transferencia de color mediante la escala de grises en el espectrofotómetro de la Carrera de Ingeniería Textil de la Universidad Técnica del Norte, para finalizar los datos serán comparados entre sí para determinar qué colorante presenta mayor afinidad tintórea y cuál es el parámetro que más influye en la afinidad tintórea.

La investigación comprende desde la obtención de muestras de los tejidos, colorantes y auxiliares, proceso de tintura por agotamiento, prueba de solidez de color al lavado, análisis en el espectrofotómetro, comparación de datos y determinación del grado de afinidad tintórea del color de acuerdo a los parámetros utilizados.

1.1 Antecedentes

En el área de tintorería textil, se utilizan diferentes colorantes para el proceso de tintura uno de éstos son los directos, éstos poseen características especiales afines con fibras celulósicas, al respecto Guaján (2019) afirma “el amarillo en bambú absorbe el 8,18% más que el Co, el azul directo en bambú absorbe menos -19,18% que el Co, el rojo directo absorbe el 23,68% más que el Co” (pp.59), es decir el azul es el que presenta menor % de fuerza de color.

Sobre esta diferencia de afinidad tintórea no se conoce cuál es el parámetro que altera la propiedad de afinidad tintórea de los colorantes directos, pudiendo ser el tipo de fibra celulósica, la marca o concentración del colorante. Para la industria textil es importante conocer los parámetros mencionados anteriormente que afectan a la afinidad tintórea debido a que la baja absorción migratoria provoca la desmejora en su aspecto y la baja participación de las empresas en el mercado, problema al cual se pretende dar una solución mediante esta investigación.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Realizar un análisis comparativo de la afinidad tintórea de colorantes directos amarillo, azul y rojo en tejido de punto de fibras celulósicas mediante datos obtenidos en el análisis espectrofotométrico y pruebas de solidez para determinar cuál presenta mayor afinidad.

1.2.2 Objetivos específicos

- Conocer aspectos relacionados con las fibras de algodón, bambú, acetato de celulosa, colorantes directos, afinidad tintórea y metodologías utilizadas mediante recopilación de información de estudios previos para desarrollar con fundamento la parte práctica del proyecto.
- Obtener tejidos de fibras celulósicas tinturados con colorantes directos amarillo, azul y rojo mediante el proceso de tintura por agotamiento; para obtener muestras que permitan hacer un análisis de afinidad tintórea.
- Determinar el grado de afinidad tintórea de los colores analizados a través de los datos obtenidos sobre intensidad, cambio y transferencia de color en el espectrofotómetro para determinar cuál de los siguientes parámetros: fibra, marca, o concentración del colorante interviene en el grado de afinidad tintórea.

1.3 Importancia del Estudio

La importancia de este proyecto se da debido a la necesidad de encontrar una investigación que ayude a tener una referencia confiable a aquellas personas que busquen conocer por formación profesional la afinidad tintórea de los colorantes directos amarillo, azul y rojo. Además, debido a que en la actualidad la mayoría de industrias existentes han considerado que la contaminación del ambiente es de suma importancia para el subsistir de los seres vivos por lo que han aplicado estrategias que permiten reducir los factores que alteran a este problema, en el caso de la industria textil específicamente en el área de tintorería se utilizan una infinidad de colorantes directos, los cuales son arrojados en las aguas residuales, debido a esto la investigación indicará cuál de los colorantes directos amarillo, azul y rojo tiene mayor capacidad de ser absorbido de acuerdo a varios

parámetros que se detallan más adelante. Además en cuanto a costos, al utilizar el color del colorante de acuerdo a los parámetros que presenten mayor afinidad tintórea se disminuirá costos adicionales en productos auxiliares o acabados que ayudan a la absorción de colorante y por ende a mejorar sus solidez. Todas las pruebas de afinidad tintórea se experimentaran tomando en cuenta los diferentes parámetros como tipo de fibra, marca de colorante y concentración de colorante para obtener datos fiables que validen esta investigación.

1.4 Características del Sitio del Proyecto

La presente investigación se realizará en la provincia de Imbabura, ciudad de Ibarra, en la cual la parte práctica se desarrollara en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Textil de la Universidad Técnica del Norte, debido a que los instrumentos y máquinas a utilizar para la tintura de las muestras y el testeado de las mismas se encuentran en estos laboratorios, facilitando a un mejor desempeño y obtención de buenos resultados.

CAPÍTULO II

2 Estado del Arte

2.1 Estudios previos

2.1.1 Fibras celulósicas

Nelson (1983) manifiesta son aquellas en las que su sustancia fundamental es la celulosa, tal es el caso del algodón u otras fibras vegetales, esta celulosa le comunica a la fibra resistencia, flexibilidad, elasticidad y otras valiosas propiedades, necesarias para la obtención de hilo, tejido, entre otros. La celulosa pertenece a la clase de compuestos macromoleculares y a la de los carbohidratos y su fórmula empírica es $(C_6H_{10}O_5)_n$.

Debido a las características que comprenden las fibras celulósicas son adecuadas para su uso en una amplia variedad de artículos. Hamed & Chmielewski (2012) menciona que pueden ser utilizadas como absorbentes destinados al tratamiento de desechos corporales, tales como pañales para bebés, productos de cama como almohadillas, fundas para colchones, toallitas y batas médicas por lo cual en la investigación realizada se indica que para obtener un artículo para los usos antes mencionados también es importante que cumplan con la características de control de olores por lo cual se debe aplicar un método que incluya proporcionar una formulación inhibidora de olores, es decir impregnar la fibra celulósica con la formulación inhibidora de olores que en este caso comprende un vehículo líquido no acuoso que es líquido a temperatura ambiente y tiene menos de 20% en peso de agua y un agente inhibidor del olor que es un biosida.

Por otra parte con respecto a la acción del ácido y de los álcalis sobre la celulosa (Nelson, 1983) menciona:

Bajo la acción de los ácidos minerales, en dependencia de las condiciones de tratamiento (tiempo, concentración y temperatura) puede ocurrir, en mayor o menor grado, la degradación de la celulosa con la formación de la llamada **HIDROCELULOSA**. Esta última se comporta como una sustancia irregular, la cual se compone de celulosa y productos de su destrucción. Con la formación de la nitrocelulosa se rompen los enlaces glucosúricos, lo que provoca el acortamiento de las cadenas.

La celulosa es estable a la acción de las soluciones diluidas de álcalis. Mediante el tratamiento con solución de hidróxido de sodio, a concentración de 10 g/lit a 15 g/lit, la celulosa prácticamente no cambia. En presencia del oxígeno del aire a altas temperaturas (120°C. – 140°C.) El tratamiento con la solución de álcalis puede contribuir a la oxidación de la celulosa.

Es decir, entre las propiedades que poseen de las fibras celulósicas es que son resistentes a los álcalis y no resistentes a los ácidos debido a que causan la degradación de la celulosa, por lo que bajo cualquier circunstancia antes, durante y después del proceso de tintura no se debe permitir que el tejido entre en contacto con ácidos.

Fibra de algodón

Silva Castro (2005) menciona que una de las fibras celulósicas es el algodón que es la principal planta cultivada para producción de fibra en el mundo, de gran importancia como materia prima para la fabricación de hilo, tejidos y prendas de vestir; como subproducto, una vez removida la fibra, queda la semilla que es procesada para la extracción de aceite comestible y torta de uso en la fabricación de alimentos concentrados para animales. Inclusive, las fibras cortas, que quedan

luego de remover la totalidad de la fibra, son procesadas para obtener productos dietéticos de alto contenido de fibra y algunos usos alimenticios que incluyen forros para embutidos y para mejorar la viscosidad de ciertos productos como pasta dental y helados, entre otros.

Fan (2005) dice que en el algodón, la molécula de celulosa consta de unas 2000 a 10000 unidades anhidroglucosídicas unidas para dar una alta proporción de material cristalino (70-85%). Los cristalitos en algodón están orientados entre sí, formando micro fibrillas que a su vez están dispuestas en fibrillas y las fibrillas en filamentos.

Esta fibra es muy utilizada en la industria textil y cada vez se requiere fibra con características mejoradas como longitud , finura, resistencia por lo cual uno de los cultivos modificados genéticamente es el algodón que ha dado como resultado el desarrollo de sembrares con un potencial importante mediante la introducción de resistencia a insectos y de tolerancia a herbicidas o de una combinación de estas dos características para aumentar la productividad del cultivo, reducir el impacto ambiental al disminuir el uso de insecticidas y herbicidas. En la investigación de Kasukabe, Ihara, Maekawa, & Allen (2003) se menciona que las fibras de algodón se caracterizan por varias propiedades entre las cuales la longitud de la fibra, la fibra fina y la resistencia de la fibra son particularmente importantes, por lo que se han realizado muchos esfuerzos para mejorar las características de las fibras de algodón; las mejoras intentadas se han centrado principalmente en la longitud y la finura de la fibra ya que en particular ha habido una gran demanda de fibras de algodón más largas y finas.

También mencionan que la variedad de plantas de algodón conocida como Sea Island es famosa por las características de fibra deseadas; sin embargo, esta variedad de planta de algodón exhibe un bajo rendimiento de fibras de algodón y por lo tanto, el precio de las fibras de algodón de Sea

Island es muy alto; por lo tanto si se produce plantas de algodón de alto rendimiento con características de fibra de algodón iguales o mejores que las de algodón Sea Island será una gran contribución a la industria. En estas circunstancias, los presentes inventores han estudiado ampliamente los mecanismos de alargamiento y formación de fibras en plantas de algodón desde los puntos de vista de la biología molecular para mejorar las características de las fibras de algodón.

Fibra de bambú

Es una fibra que se produce a partir de la celulosa obtenida de la pulpa de los árboles de bambú.

Halle & Jhonston (2010) afirman que el bambú es resistente, duradera, firme y flexible, posee una sección transversal circular que le concede la propiedad de ser suave, y su superficie de la sección transversal contiene micro espacios y micro agujeros proporcionándole buena absorción de humedad y un alto nivel de respirabilidad; es decir ésta fibras regenerada tiene buena capacidad de absorción de colorante, además de otras propiedades beneficiosas, por lo cual actualmente es muy reconocida y empleada en la industria textil.

Rana, Pichandi, Parveen, & Fanguero (2014) menciona:

La Asociación de Mejoramiento de Cultivos Orgánicos (OCIA) ha certificado fibras de viscosa de bambú como fibras orgánicas. La viscosa de bambú es una fibra 100% celulósica obtenida de los recursos naturales y puede degradarse completamente en el suelo a través de la acción de los microorganismos y la luz solar, sin causar ningún efecto nocivo para el medio ambiente. (pp.241)

Fan (2005). Durante la fabricación de viscosa, las fibras de celulosa natural se disuelven, lo que produce cierta despolimerización y una menor cristalinidad de la celulosa en el rayón de viscosa, esto hace que la fibra sea más sensible al agua, por lo tanto, el rayón de viscosa absorberá el doble de agua natural del aire que el algodón. El rayón viscosa tiene una regain de humedad del 13% en

condiciones estándar; cuando se empapa en agua aumentará su longitud en un 3-5% y se hinchará para duplicar su volumen original, además éste pierde hasta la mitad de su resistencia cuando está mojado y se estira más fácilmente.

“En composición química, el rayón viscosa y el algodón son similares; ambos son celulosa.”
(Fan, 2005, pp.5)

Con respecto a la fibra bambú que ha comenzado a usarse en textiles en un estudio se investigó el efecto de ésta fibra sobre algunas propiedades físicas de los tejidos de punto. Para investigar la diferencia, los resultados se comparan con los de telas similares producidas a partir de hilos de 100% viscosa, 100% algodón y 100% algodón mercerizado, cada tipo de tela se ha tejido con tres niveles de longitud de bucle y dos niveles de estructura de tela. Al final, las telas se procesaron en húmedo y siguieron la misma línea de acabado. Para las propiedades medidas de los tejidos, se evaluaron la resistencia al estallido del tejido, la resistencia a la abrasión, el pilling, la capacidad de drapeado, la diferencia de color y la contracción del tejido. Los resultados muestran que todas las propiedades estudiadas dependen del tipo de fibra, la tensión del tejido, mientras que, la estructura del tejido tuvo un efecto significativo en todas las propiedades estudiadas, excepto el grado de relleno del tejido y la diferencia de color. Los principales hallazgos fueron que los tejidos de algodón y algodón mercerizado tienen mejor resistencia al estallido y estabilidad dimensional en longitud que los tejidos que contienen solo fibras de bambú o viscosa. Las telas tejidas de hilos de bambú tienen una mejor capacidad de drapeado, exhibieron una absorción de tinte superior y un nivel estético, también, se descubrió que la estructura de tejido de punto de piqué da como resultado una menor resistencia al estallido que la estructura de jersey simple. (Badr, 2012)

Fibra de acetato de celulosa

Rana et al. (2014) El acetato de celulosa es una de las fibras regeneradas más antiguas producidas a partir de la celulosa derivada de fuentes de madera. Camille y Henry Dreyfus desarrollaron por primera vez el proceso comercial para producir fibra de acetato de celulosa en 1905 y la hilatura de fibras de acetato de celulosa se comercializó en 1924 en los Estados Unidos.

También menciona que sobre las otras fibras textiles, el acetato de celulosa presenta algunas características poco comunes. Esta fibra posee buen brillo y es más suave que la viscosa y otras fibras textiles. El acetato de celulosa tiene muy buen agarre (suave, liso, seco, crujiente y resistente) y propiedades de confort (respira, absorbe, seca rápidamente y no tiene adherencia estática). Las telas hechas de acetato de celulosa también brindan muy buenas características de manejo y se pueden teñir fácilmente a tonos brillantes, suaves y atractivos.

K-PATENTS (s.f) dice El acetato se deriva de la celulosa al descomponer la pulpa de madera (pulpa de disolución) en celulosa purificada. Al hacer reaccionar la celulosa purificada con ácido acético y anhídrido acético, mientras se usa ácido sulfúrico como catalizador, se produce dopa de acetato de celulosa. Las escamas de acetato de celulosa se disuelven en acetona para extrusión. Luego, los filamentos emergen de la hilera y el solvente se evapora en aire caliente.

2.1.2 Colorantes directos

Cottonworks (2018) menciona los materiales que imparten el color se conocen como colorantes y son los que tienen una afinidad y permanencia natural en los textiles, los colorantes realmente migran o se difunden en la estructura molecular química de las fibras textiles para desarrollar el color final del producto textil. La asociación molecular de colorante-fibra también es responsable del grado de solidez o permanencia del color debido a la atracción molecular entre el colorante específico y la fibra textil específica; por lo cual, los colorantes se clasifican como específicos de

fibra, es decir, los colorantes que funcionan en algodón no funcionarán en poliéster, nylon, acrílico, lana y muchas otras fibras textiles comúnmente utilizadas. Sin embargo, debido a que la estructura básica del algodón es la celulosa, los colorantes que funcionan en el algodón también funcionarán en otras fibras a base de celulosa como lino, ramio, rayón y lyocell.

Además Cottonworks (2018) menciona “Cabe señalar que el color realmente producido en el algodón por cualquier colorante o combinación de colorantes no necesariamente coincidirá con el color producido cuando estos mismos colorantes se usan en lino, ramio o rayón.” (pp.2). Es decir muchos factores únicos contribuyen al color producido por el colorante textil, incluidas las propiedades de la fibra, también, es importante señalar que no existe un colorante que colorante todas las fibras existentes y ninguna fibra que pueda tinturarse con todos los colorantes conocidos.

Con lo que respecta a investigaciones existe una, en la que se estudia el comportamiento cinético de fibras de tencel con colorantes directos en la cual se utilizó el colorante C.I. Direct Blue 1 donde se evalúa la influencia de los dos parámetros fundamentales que inciden en la cinética como son electrolito y temperatura; este estudio se ha realizado en comparación con viscosa convencional en las mismas condiciones que la fibra de tencel donde Lis Arias (2002) dice:

Se ha comprobado y demostrado que aun siendo, Tencel y Viscosa de naturaleza química idéntica, su comportamiento cinético es totalmente diferente, lo que permite concluir que la estructura física de la fibra Tencel difiere de forma importante de las otras fibras celulósicas regeneradas, siendo éste el primer ejemplo experimental de que el fenómeno de la difusión puede ser muy distinto solo por la estructura fina de la fibra en polímeros naturales. (pp.256)

Por lo tanto, esto nos indica que dos fibras de naturaleza química igual con estructura física diferente cambian su comportamiento cinético bajo diferentes temperaturas y concentraciones de electrolito.

Abeberry (1949) afirma:

Ahora bien, existiendo colorantes aplicables a la tintura de fibras celulósicas de mejores propiedades, cabe preguntarse el porqué de la razón del uso enorme de los colorantes directos; fácil es hallar la respuestas, éstos colorantes poseen el más simple procedimiento tintóreo, su costo es muy baja con respecto a los de otros grupos. (pp.3)

Por éstas razones es porque los colorantes directos son unos de los más utilizados en la industria textil para la tintura de fibras celulósicas, debido a ello, el proyecto se basa en investigar la afinidad tintórea de estos colorantes en amarillo, azul y rojo, bajo ciertos parámetros como marcas de colorantes, concentraciones de colorantes, fibras celulósicas algodón, bambú y acetato de celulosa.

2.1.3 Afinidad tintórea de colorantes directos

Gutiérrez Toledo (2005) afirma: “Químicamente la afinidad o potencial químico es una propiedad intrínseca de la materia en virtud de la cual un cuerpo tiene avidez de reaccionar con otro.”(pp.17). Es decir la afinidad es la tendencia de ciertas sustancias a reaccionar químicamente entre sí.

Funar-Timofei, Sallo, Georgeta, & Ludovic (2003) menciona el teñido de textiles se ha practicado empíricamente durante miles de años, pero los estudios teóricos sobre el mecanismo de adsorción de colorantes se han llevado a cabo solo desde finales del siglo XIX.

Gutiérrez Toledo (2005) menciona el color real del material textil obtenido del proceso de teñido está determinado por la cantidad o peso de colorante en la formulación de baño de tintura, esto generalmente se expresa como un porcentaje del peso del material textil que se tiñe y se conoce como profundidad de sombra. Además, para la mayoría de los colorantes comerciales, solo una fracción del colorante total en el baño realmente se descarga en la fibra, esto se conoce como agotamiento fraccional y es un parámetro clave de cada colorante en la formulación, cuanto mayor es el agotamiento fraccional, mejor es el uso del colorante y menos colorante o color en las aguas residuales.

Funar-Timofei, Sallo, Georgeta, & Ludovic (2003) menciona el proceso de adsorción implica la adsorción selectiva de un compuesto de la fase externa en el adsorbente. Por lo tanto, cuando un adsorbente se sumerge en una solución, la adsorción tiene lugar cuando las moléculas de soluto se transfieren de la solución al adsorbente, produciendo una variación de concentración en la solución.

En lo que se refiere a estudios sobre la afinidad tintórea de colorantes existe una investigación sobre la evaluación de intensidad de color entre las fibras de bambú y algodón donde se indica que según valores comparativos entre éstas fibras tinturadas con colorantes directos estableciendo como muestra estándar el algodón y muestra a comparar el bambú arrojan los siguientes resultados, Guaján (2019) afirma “el amarillo en bambú absorbe el 8,18% más que el Co, el azul directo en bambú absorbe menos -19,18% que el Co, el rojo directo absorbe el 23,68% más que el Co” (pp.59), es decir el azul es el colorante directo de menor afinidad tintórea, sin embargo este resultado puede cambiar con respecto a los parámetros que se manejarán en esta investigación. Guaján (2019) también menciona que en las muestras tinturadas con colorantes directos el promedio del grado de cambio de color en términos de porcentaje es de un 82,6 % para los dos tipos de fibra, es

decir el cambio de color que han tenido estas muestras es de 17,4% lo que significa que los dos tipos de fibra no presentan cambios de color muy altos.

En un estudio sobre la absorción de colorantes directos sobre fibras de lyocell cuyo objetivo es la caracterización de los parámetros que influyen en el proceso de absorción de colorantes directos sobre las fibras de lyocell mediante el análisis de las isothermas de absorción en el equilibrio del colorante C.I. Direct Blue 1. Carrillo, Lis, Valldeperas-Morell, & Viciano (2003) refiere que la cantidad de colorante absorbido por la fibra se incrementa con el aumento de la concentración electrolito debido a que la adición de electrolito reduce la magnitud del potencial negativo que adquiere la fibra en disolución, disminuyendo la fuerza de repulsión sobre el anión colorante, lo que facilita la adsorción del mismo; también menciona que se produce una disminución de la concentración de colorante absorbido por la fibra con el incremento de la temperatura.

La absorción por una fibra o un tejido de rayón viscosa de una solución acuosa conteniendo un colorante directo ha sido descrito por Mann (citado en Cegarra, Puent, Pepió, & Azuaga, 1987) donde afirma que

Cuando una fibra o un tejido se sumerge en una solución tintórea, el agua se difunde rápidamente en el interior de la fibra y el colorante existente en esta agua se concentra en la periferia de la fibra hinchada; posteriormente, para cortos períodos de inmersión (hasta 5 seg.), se produce una difusión del colorante desde la superficie de la fibra hacia la solución externa, lo cual explica el hecho experimental de obtener valores menores en la relación de colorante/agua absorbidos por la fibra. Para mayores tiempos de inmersión se produce un aumento de la difusión del

colorante en la fibra hinchada, lo cual explica el incremento observado en la relación colorante/agua absorbidos. (pp.47)

Esto explica que en función del tiempo la variación de la absorción colorante/agua produce la aparición de un mínimo en la relación a la absorción colorante/agua por la fibra, a partir del aumento de tiempo dicha relación empieza a aumentar.

En la figura que se muestra a continuación se observa los resultados experimentales donde se identifica que la relación colorante/agua absorbidos también dependen de la temperatura, igualmente dicha relación depende de la estructura del tejido.

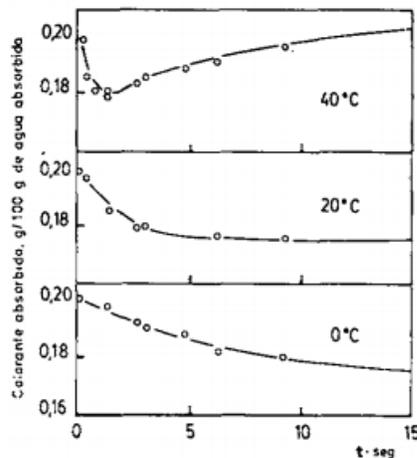


Figura 1. Absorción de colorante y agua por un tejido de fibrana Mann (citado en Cegarra et al., 1987)

Como consecuencia de este comportamiento, la cantidad de colorante absorbido por un tejido que se sumerge en una solución tintórea por cuyo colorante tiene afinidad es, en general, más elevada que la obtenida por un simple cálculo de la que le correspondería, debido a la solución retenida por el tejido, siendo la diferencia tanto mayor conforme las condiciones de foulardado inciden en aumentar la afinidad del colorante. Mann (citado en Cegarra et al., 1987, pp.48)

Por lo tanto al aumentar la afinidad del colorante la concentración de colorante en la solución de foulardado reduce y cuando el proceso es continuo aparece una variación de color en el tejido a lo largo de su paso por el foulard, lo cual representa un inconveniente a corregir en este tipo de tintura, cuyas condiciones deben ser reguladas para disminuir al mínimo esta desventaja.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Fibras celulósicas.

(Heddel (s.f.) menciona las fibras celulósicas naturales y artificiales son fibras estructurada a partir de un material fibroso de origen vegetal llamado celulosa, un carbohidrato similar al almidón. Se crean disolviendo materiales naturales como celulosa o pulpa de madera, que luego se regeneran por extrusión y precipitación. Estas fibras ocupan una posición importante entre las materias primas para la industria textil. Se utilizan en prendas de vestir, telas domésticas y varias telas no tejidas.

2.2.1.1 Algodón.

El algodón es un cultivo económico importante y es la fibra textil natural celulósica más utilizada en el mundo para producir prendas de vestir, muebles para el hogar y productos industriales.

Wakelyn et al (2007) Afirma que “Es aproximadamente el 40% de todas las fibras textiles que se consumen en el mundo” (pp. 8).

“Es el producto agrícola no alimentario más importante del mundo desde épocas muy antiguas y los países que más producen son: China 25.0%, Estados Unidos 19.9%, India 13.1%, Pakistán 9.8%, Brasil 5.1% y Uzbekistán 4.2%” (Gil Rivero & López Medina , 2015, pp. 39).

2.2.1.1.1 *Características sistemáticas del algodón.*

Wakelyn et al. (2007) Menciona botánicamente, existen cuatro especies principales de algodón de importancia comercial: *Gossypium hirsutum* (algodón americano), *Gossypium barbadense* (algodón egipcio), *Gossypium arboreum* (algodón asiático), *Gossypium herbaceum* (algodón indio). Actualmente se reconocen treinta y tres especies; sin embargo, todos menos estos cuatro son arbustos silvestres sin valor comercial

Las fibras de algodón son pelos de semillas de plantas de:

- Clase: Angiospermas
- Sub Clase: Dicotiledóneas
- Orden: Malvales
- Familia: Malvaceae
- Género: *Gossypium* (Wakelyn et al, 2007)

2.2.1.1.2 *Estructura de la fibra.*

Wakelyn et al. (2007) menciona el algodón consiste en material celulósico y no celulósico. La capa más externa de la fibra de algodón es una cubierta celulósica llamada cutícula, que contiene ceras, pectinas y proteínas, y esta rodea a la pared primaria, construida de celulosa.

En la pared celular, la celulosa se produce en pequeñas micro fibrillas cristalinas que están dispuestas en estructuras de múltiples capas. Una capa especialmente importante es la pared primaria aunque es una pequeña fracción de la fibra madura completamente desarrollada.

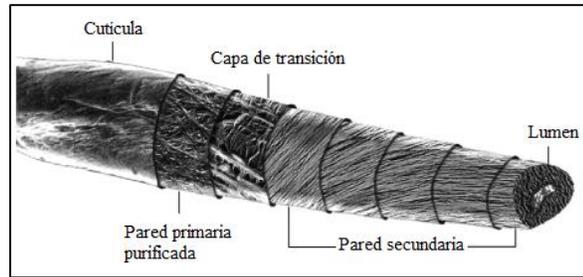


Figura 2. Estructura física del algodón (Wakelyn et al, 2007)

“Parte de la celulosa del algodón es no cristalina o amorfa en el sentido de que "carece de forma cristalina definida". Es una de las razones por lo que la celulosa del algodón tiene un peso molecular amplio” (Wakelyn et al, 2007, pp.36).

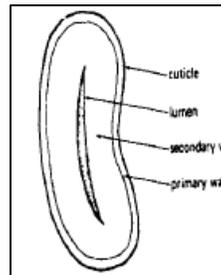


Figura 3. Diagrama de una fibra de algodón sección transversal (Karmakar, 1999)

2.2.1.1.3 Composición química de la fibra.

Las composiciones químicas específicas de las fibras de algodón varían según sus variedades, ambientes de cultivo (suelo, agua, temperatura, plagas, etc.) y madurez.

La pared celular secundaria es puramente celulosa y los no celulósicos están ubicados en las capas externas (cutícula y pared celular primaria) o dentro de los lúmenes de las fibras. En fibras menos desarrolladas o inmaduras, los contenidos no celulósicos varían de 4-12 % son mucho más altos y son los responsables de la baja humectabilidad con agua de las fibras de algodón en bruto. (Hsieh, 2007, pp. 4).

Las fibras de algodón se componen de:

Tabla 1
Composición química del algodón

Componente	Composición (% de peso seco)		
	De toda la fibra		De la pared primaria
	%Típico	%Rango	%Típico
Celulosa	95%	88–96.5%	52
Proteínas	1.3	1–1.9	12
Ceniza	1.2	0.7-1.6	3
Ceras	0.6	0.4–1	7
Pectinas	0.9%	0.7–1.2	12
Otras sustancias		0.5–1.0	14

Fuente: (Hsieh, 2007)

Hsieh (2007) comenta la madurez es directamente proporcional al porcentaje de celulosa de la fibra de algodón e inversamente proporcional a los demás componentes

2.2.1.1.4 *Propiedades físicas de la fibra.*

Tabla 2
Propiedades físicas del algodón

Parámetros de calidad	Valor
-----------------------	-------

Índice de consistencia del hilado	138
Micronaire (μg / pulgada)	3
Índice de uniformidad (%)	80
Índice de fibra corta (%)	8.2
Longitud (mm)	28
Fuerza (g / tex)	30.4
Elongación (%)	6
Índice de madurez	0.87
Humedad (%)	7.1

Fuente: (Repon, Mamun, Reza, Das, & Islam, 2016)

2.2.1.2 Bambú

El bambú, en comparación con otras fibras naturales presenta algunas ventajas que la convierte en la fibra vegetal más importante como son:

Tabla 3
Ventajas de la fibra de bambú

Ventajas de la fibra de bambú	
Densidad	Bajo

Costo	Bajo
Disposición	Biodegradable
Absorción de CO2	Sí
Reciclabilidad	Sí
Renovabilidad	Sí
Energía para la extracción	Baja

Fuente: (Zakikhani, Zahari, Sultan, & Majid, 2014)

Marinho (2004) comenta las características mecánicas del bambú son influenciadas sobre todo por los factores: especie, edad, tipo de suelo, condiciones climáticas, época de cosecha,

2.2.1.2.1 Características sistemáticas del bambú (descripción taxonómica)

Castaño Nieto & Moreno Orjuela (2004) menciona algunas de las características del bambú:

- Género: Caña Brava, Bambú, Guadua
- División: Spermatophyta
- Subdivisión: Angiosperma
- Clase : Monocotiledónea
- Orden: Glumiflorae
- Familia: Poaceae
- Sub-Familia: Bambusoideae

- Especie: angustifolia

“Se ha encontrado que más de 1000 especies de bambú y alrededor de 70 géneros crecen naturalmente en diversos climas, especialmente en Asia y América del Sur en abundancia.” (Sajjala & Kala, 2016, pp.17)

2.2.1.2.2 Estructura física de bambú

“La hebra de fibra consta de muchas fibras elementales con forma de hexagonal y pentagonal, donde las Nano-fibrillas están alineadas y unidas entre sí con lignina y hemicelulosa.” (Zakikhani et al.,2014, pp.316)

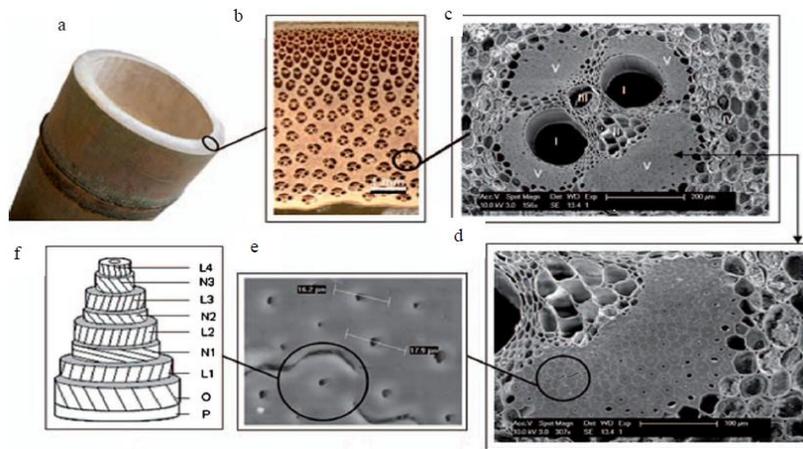


Figura 4. a) caña de bambú, b) sección transversal de la caña de bambú, c) haz vascular d) fibra e) fibras elementales f) modelo de estructura poli laminillas de bambú (Zakikhani et al.,2014)

Rana et al. (2014) Debido a la presencia de numerosos huecos y agujeros de micro nivel en la sección transversal como se observa en la figura 3 la fibra de viscosa de bambú posee una alta transpirabilidad y frescura. Esta fibra presenta buenas propiedades de absorción de humedad y ventilación.

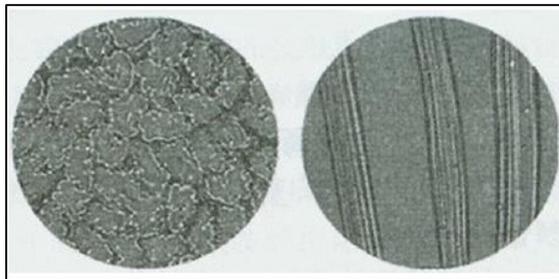


Figura 5. Vistas transversales y longitudinales de fibra de viscosa de bambú (Rana et al., 2014)

2.2.1.2.3 Propiedades químicas

Zaragoza, Borja, Zamudio, Ordoñez, & Bárcenas (2014) manifiesta desde el punto de vista anatómico, el bambú es, en general, constituido por 50% de parénquima (células parenquimosas), 41% de fibra y 9% de tejido conductivo, la estructura de los bambú puede considerarse como un material compuesto constituido, a grosso modo, de fibras largas y alineadas de celulosa inmersas en una matriz de lignina

Tabla 4
Composición de la pared del culmo en dirección axial

Estructura (%)	Entrenudo inferior	Nudo inferior	Entrenudo medio	Nudo medio	Entrenudo superior	Nudo superior	Promedio
Fibra (%)	39	36	43	44	43	42	41
Parénquima	54	57	47	47	45	49	50
Poros	7	6	10	10	12	9	9

Fuente: (Zaragoza et al., 2014)

Lessard & Chouinard (1980) menciona el parénquima y los poros o células conductoras son más frecuentes en la parte interna de la pared, mientras que en la parte externa el porcentaje de

fibras es mayor; en la dirección vertical, la cantidad de fibras aumenta de abajo hacia arriba, y el contenido de parénquima disminuye.

2.2.1.2.4 *Propiedades físicas*

“Las fibras miden en promedio 2,152 mm de longitud, 13,68 μm de diámetro, 3,29 μm de diámetro de lumen y 10,39 μm de grosor de pared.” (Zaragoza et al.,2014, pp.87).

Se han reportado varios valores para una y la misma especie. La razón es principalmente que hay una diferencia considerable en la longitud de la fibra dentro de un culmo. A través de la pared, la longitud de la fibra a menudo aumenta desde la periferia, alcanza su máximo aproximadamente en el medio y disminuye hacia la parte interna. (Lessard & Chouinard, 1980, pp.164)

Tabla 5
Propiedades físicas de la fibra de viscosa de bambú.

Propiedades	Valores
Tenacidad (cN / tex) – Seco	2,3 – 2,5
Tenacidad (cN / tex) – Mojado	1,3 – 1,7
Elongación de rotura en seco (%)	14–18
Sección transversal	Serrado con micro espacios y agujeros
Tasa de absorción de humedad%	90 – 120

Recuperación de humedad (%)	13
Densidad (g / cc)	1,32

Fuente: (Rana et al., 2014)

2.2.1.3 *Acetato de celulosa*

Es una fibra textil regenerada que tiene como base la celulosa derivada de fuentes de madera o fibras cortas como algodón y se obtiene a través de procesos químicos y mecánicos.

Chen (2015) menciona que hay dos tipos de fibra de acetato:

- Acetato regular también llamado acetato secundario o diacetato
- Triacetato.

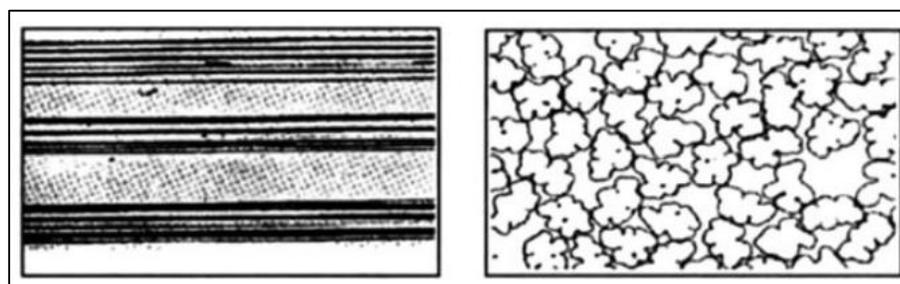


Figura 6. Vistas longitudinales y transversales de la fibra de acetato de celulosa

2.2.1.3.1 *Propiedades químicas*

Tabla 6

Propiedades químicas del acetato de celulosa

Agentes químicos / biológicos	Resistencia
Ácidos	Soluble

Álcalis	Daños alcalinos fuertes y alcalinos débiles también dañan levemente
Agentes blanqueadores	Los agentes oxidantes fuertes dañarán, pero tiene una fuerte resistencia contra los agentes oxidantes y reductores débiles.
Disolventes orgánicos	Soluble en acetona. Los agentes de limpieza en seco no afectan el acetato de celulosa.
Moho	Bueno
Insectos	Bueno

Fuente: (Rana et al., 2014)

2.2.1.3.2 Propiedades físicas

Tabla 7
Propiedades físicas del acetato de celulosa

Propiedades físicas	Acetato de celulosa
Tenacidad (g / d)	0.9-1.4
Densidad (g/cc)	1.32
Alargamiento a la rotura (%)	Muy buena
Elasticidad	No tan buena

Recuperación de humedad (%)	6
Resilencia	No buena
Punto de fusión	230°C
Resistencia a la abrasión	Moderada
Lustre	Claro a brillante

Fuente: (Rana et al., 2014)

2.2.2 Colorantes

Fan (2005) menciona que el colorante es una sustancia que consiste en partículas pequeñas que son solubles en el medio aplicado y se usan en un sustrato principalmente por sus propiedades tintóreas con el fin de hacer color con cierto grado de permanencia, además se define como un elemento que incluye cualquier producto químico que esté coloreado y pueda utilizarse en un entorno particular bajo ciertas condiciones y se pueda usar para impartir la propiedad del color a un elemento.

“Las moléculas de colorante a menudo contienen al menos un grupo solubilizante de agua, como un grupo de ácido sulfónico, para ayudar a su ruta de aplicación normal.” (Fan, 2005, pág. 271). En gran medida, el área de aplicación de los colorantes se encuentra en la coloración textil.

Drumond Chequer et al. (2013) menciona:

Los colorantes se clasifican según su aplicación y estructura química, y están compuestos por un grupo de átomos conocidos como cromóforos, responsables del

color y de electrones que retiran o donan sustituyentes para generar o intensificar el color de los cromóforos denominados auxócromos. (pp. 151)

2.2.2.1 Colorantes directos

Los colorantes directos son una agrupación de estructuras de colorantes que tinturan directamente el sustrato, sin necesidad de alguna ayuda posterior.

Son compuestos del tipo azo de alto peso molecular que contiene grupos sinfónicos para proveerlos de solubilidad al agua.

Encontramos las siguientes estructuras químicas: monoazo, diazo, quinolina, etilbenceno, disazo, ftalocyanina, oxazina (Castillo 2012, pp.1)

Poseen afinidad directa por fibras celulósicas, seda, lana y fibras regeneradas.

Benkhaya, Harfi, & Elharfi (2017) dice aunque estos colorantes son fáciles de aplicar y tienen una amplia gama de colores, su rendimiento de lavado es moderado; esto ha llevado a su reemplazo en parte por tintes reactivos que tienen propiedades de solidez a la humedad y al lavado mucho más altas en sustratos celulósicos.

2.2.2.1.1 Propiedades de los colorantes directos

Las propiedades que poseen éstos colorantes son:

- Altamente solubles en agua y se utilizan principalmente en la tintura por agotamiento,
- Sensibles a la temperatura y la mayoría se tintura entre 80-90°C;
- Al igual que los tintes reactivos, usan sal como asistente de tintura pero necesitan cantidades muy pequeñas en comparación con los colorantes reactivos.

- No reaccionan con la estructura de la fibra, sino que dependen de las asociaciones de colorante a fibra, como los enlaces de hidrógeno y los momentos dipolares para ayudar con la solidez del color después del teñido.
- Se agotan fácilmente durante el proceso de teñido.
- Exhiben buena solidez a la luz.
- Poca resistencia al lavado
- Poca resistencia a la humedad.
- Como grupo, tienen un tono amplio con colores bastante brillantes, pero no tan brillantes como los colorantes reactivos
- Usan mucho menos agua, química y tiempo en comparación con el teñido reactivo.
- Los tonos medios y oscuros teñidos directamente tienden a sangrar y a desvanecerse en el lavado de ropa doméstico estándar, se han desarrollado tratamientos químicos posteriores a la tintura conocidos como agentes fijadores de colorantes directos, algunos de estos han mejorado en gran medida la resistencia al lavado de los directos, pero pueden cambiar el tono de la tintura.

En general, los colorantes directos no son una buena opción para los artículos que se lavan con frecuencia, sin embargo, son una buena opción para artículos como cortinas u otros artículos donde la resistencia a la luz es el requisito principal (Cottonworks, 2018)

2.2.2.1.2 Clasificación de los colorantes directos

La clasificación de tintes directos según SDC (Society of Dyers and Colourists) se basa esencialmente en la compatibilidad de diferentes grupos de colorantes directos entre sí en ciertas condiciones de teñido por lotes. Es decir, los colorantes que están dentro de cualquiera de estos

grupos tienen características de tintura similares a otros colorantes que se encuentran en el mismo grupo, y características diferentes de las que se encuentran en otros grupos. Hay tres grupos: A, B y C.

- Clase A: tintes directos autonivelantes. Los colorantes en este grupo tienen buenas características de nivelación y son capaces de teñir uniformemente incluso cuando se agrega el electrolito al comienzo de la operación de teñido. Pueden requerir cantidades relativamente grandes de sal para escapar bien.
- Clase B: tintes controlables con sal. Estos colorantes tienen características de migración o nivelación relativamente pobres. Pueden teñirse uniformemente por lotes mediante la adición controlada de electrolito, generalmente después de que el baño de tinte haya alcanzado la temperatura de teñido.
- Clase C: tintes controlables con sal y temperatura. Estos colorantes muestran una nivelación o migración relativamente pobre y su sustentividad aumenta muy rápidamente con el aumento de la temperatura. Su velocidad de tintura se controla controlando la velocidad de aumento de la temperatura del baño de tintura y controlando la adición de sal. Algunos de estos colorantes requieren muy poca sal para mostrar un buen agotamiento en tonos claros. (J. R. ASPLAND, School of Textiles, Clemson University, Clemson, S. C., 1991, pp.41-42)

Si bien muchos colorantes de Clase A y Clase B se pueden utilizar juntos, al igual que la Clase B con colorantes de Clase C, no es deseable usar colorantes de Clase A y Clase C juntos, ya que su rendimiento en el baño de colorantes será muy diferente.

2.2.3 Afinidad tintórea

Gutiérrez Toledo (2005) La llamada afinidad del colorante por la fibra, es la propiedad que presentan los colorantes directos de ser absorbido por la celulosa y su resistencia a la deserción, cuando la fibra teñida se somete a lavados posteriores, por lo tanto se indica que cuando mayor afinidad presente el colorante por la fibra, más fácilmente será absorbido un colorante directo por la celulosa y mayor resistencia tendrá la fibra teñida a eliminar parte del colorante absorbido en la tintura, mediante un lavado posterior.

Antamba Herrera (2017) Las moléculas de colorante son adsorbidas por las cavidades intermicelares de las fibras celulósicas y que, dentro de esas cavidades, las moléculas de colorante forman agregados. Debido a su tamaño, estos agregados no pueden ser extraídos completamente por lavado común, pues a temperatura ambiente no se lleva a cabo la solvatación de estos agregados. Por esta misma razón, el teñido no puede ser llevado a cabo a temperatura ambiente.

Los colorantes directos son moléculas grandes planas y alargadas se unen a la celulosa por enlaces de tipo Van der Waals y puentes de hidrógeno.

Las fuerzas intermoleculares Van der Waals (dipolo- dipolo) se dan entre moléculas polares, es decir que esas moléculas tienen polos (positivo y negativo), y los enlaces de hidrogeno se dan entre un hidrogeno y un átomo pequeño electronegativo.

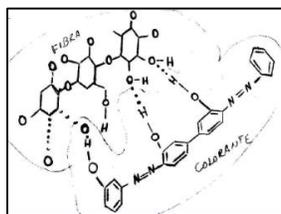


Figura 7. Fuerzas de Van der Waals (Pérez, s.f.)

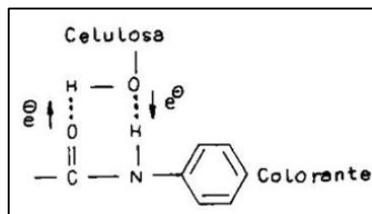


Figura 8. Puentes de hidrógeno (Provencio, s.f.)

2.2.4 Procesos de tintura

Drumond Chequer et al. (2013) menciona que el proceso de tintura es uno de los factores clave en el comercio exitoso de productos textiles, puesto que aparte del diseño y el color, el consumidor por lo general busca algunas características básicas del producto, como una buena fijación con respecto a la luz, al lavado tanto al principio como después de su uso; para garantizar estas propiedades, las sustancias que dan color a la fibra deben mostrar una alta afinidad, un color uniforme, resistencia al desprendimiento y ser económicamente factibles, además como menciona Cottonworks (2018) “El teñido es la aplicación de color a un material textil con cierto grado de solidez o permanencia.”(pp.2). Este se puede realizar en fibras textiles, hilos, telas o prendas, según las propiedades o para el control de costos.

Funar-Timofei, Sallo, Georgeta, & Ludovic (2003) dice la transferencia del colorante desde el baño de colorante a la fibra se realiza en dos pasos: la transferencia del colorante a la superficie de la fibra y la penetración del colorante en la fibra.

La calidad del teñido de cualquier material textil depende directamente de la calidad de las fibras textiles utilizadas para fabricar el producto, además, para maximizar la eficiencia del proceso de tintura y las propiedades de rendimiento del color, las fibras textiles involucradas deben estar lo más limpias posible. (Cottonworks, 2018) dice que, el objetivo esencial de la preparación es producir un sustrato que tenga las siguientes propiedades:

- Absorción uniforme y rápida de agua,
- Eliminación de las hojas de las semillas de algodón como de otros agregados durante la fabricación de hilos y telas
- Capacidad de absorber colorantes y productos químicos de manera uniforme.

Los procesos de preparación deben controlarse cuidadosamente para minimizar el daño de la fibra, lo que puede provocar el amarilleo de la tela o incluso la pérdida de resistencia.

Cottonworks (2018) menciona algunos factores clave que afectan el teñido por agotamiento son la preparación del sustrato, la agitación de la máquina, las características de flujo, y la relación de baño que es un parámetro definido como la cantidad de baño de tintura en comparación con el peso del sustrato textil, además, como con cualquier proceso de tintura textil, la temperatura, el pH, los productos químicos auxiliares y el tiempo de tintura son factores clave de control. Otros factores que influyen en el rendimiento del colorante están relacionados con los colorantes específicos y las fibras específicas utilizadas en el proceso, sin olvidar que es esencial tener máquinas limpiadas adecuadamente para evitar manchas de colorante o contaminación cruzada de un lote de tintura a otro lote.

2.2.4.1 Métodos de tintura

Drumond Chequer et al. (2013). Existen procesos discontinuos (agotamiento), continuos o semicontinuos (foulardado) para tinturar diversos materiales textiles; el tipo de proceso utilizado depende de muchas características, como tipo de fibra, hilado, tela y prenda, además del el tamaño de los lotes de tinte y los requisitos de calidad en la tela teñida. Entre estos procesos, el proceso por lotes es el método más común utilizado para teñir materiales textiles.

Cottonworks (2018) menciona la gran mayoría de los sustratos textiles se tiñen utilizando el método por agotamiento o por lotes. El baño de tintura consiste en agua, colorantes y cualquier producto químico auxiliar necesario. El sustrato textil se sumerge en el baño de tintura; el baño de tintura se calienta a la temperatura de tintura y se mantiene a esa temperatura durante el tiempo requerido. Simultáneamente, la tela se agita durante el proceso. Durante el proceso, el colorante se

dispersa y se adsorbe a la superficie de la fibra, posteriormente, las moléculas de colorante se absorben y difunden en la estructura de la fibra. Este proceso se conoce como agotamiento. Una vez que todo el colorante posible se difunde en la fibra, el colorante residual se elimina después del lavado.

2.2.4.2 Auxiliares de tintura para colorantes directos

Secuestrante: Es un auxiliar de tintura que se utiliza durante el teñido para eliminar la dureza del agua. (Imtiazuddin, Sohail Tiki, Kanwal, & Chemical Industries, (2009) menciona que los agentes secuestrantes se combinan con iones de calcio y magnesio y otros iones de metales pesados en agua dura, forman moléculas en las que los iones se mantienen tan seguros (secuestrados) que ya no pueden reaccionar.

Sal industrial: Es un auxiliar de tintura en los procesos textiles de tintura de telas, prendas, hilos, fibras. Saltex (s.f) menciona que las funciones que cumple la sal son fijar los colores en la fibra textil con mayor duración, optimizar la reacción de colorantes reactivos-directos y aumentar la sustentividad del colorante brindando un mayor rendimiento o agotamiento del colorante en el proceso del tintura;

Igualante: Asegura de un montaje uniforme del colorante en la fibra

Humectante: Es un producto que ayuda a abrir las fibras textiles para acondicionar el textil, suavizándolo para recibir y fijar el color deseado, también evita la formación de rayas y dobleces dando un excelente terminado al teñido,

2.2.5 Colorimetría

La colorimetría estudia la medición del color estableciendo un sistema numérico dentro de los límites de la percepción visual, algo complicada de conseguir debido al desconocimiento de los

mecanismos cerebrales y las experiencias subjetivas que el color involucra, sin embargo el nivel de precisión y reproducibilidad es suficiente para el uso industrial.

Maier & Santos Afonso (s.f) dice la sensación de color propiamente dicha se manifiesta a través de la luz que es radiación electromagnética cuya longitud de onda está comprendida entre 380 nm y 780 nm, como se observa en la Figura 9. Estas son registradas por células receptoras situadas en la retina del ojo, las cuales tienen la misión de captar la energía de las radiaciones que inciden en ellas y transformarlas en impulsos eléctricos con los que están formados los códigos que a través del nervio óptico son enviados al cerebro.

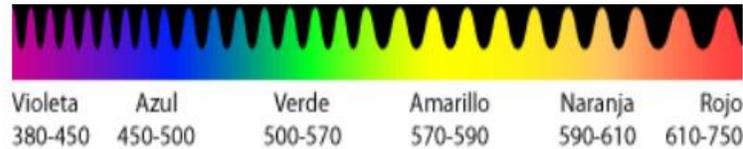


Figura 9. Longitudes de onda del espectro visible (SENATI, 2009)

Los tres elementos que intervienen en la formación de la sensación del color son:

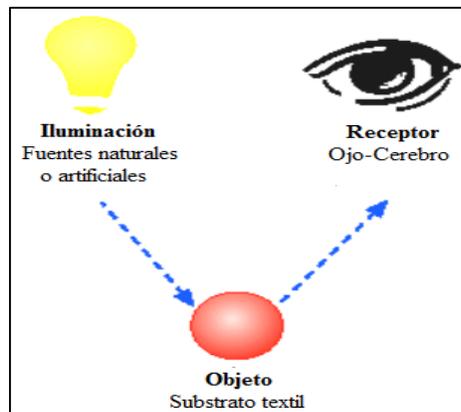


Figura 10. Elementos fundamentales del estudio del color (SENATI, 2009)

2.2.5.1 Espectrometría

Valdeperas-Morell (2016) menciona la espectrofotometría es un método de análisis óptico más usado en la actualidad para la formulación, comparación y control de calidad de tonos en la industria textil.

”El instrumento de laboratorio Color i5 es un espectrofotómetro de gama media con una serie de funciones avanzadas para medir con precisión el color de una gran variedad de muestras” (Color i5 , s.f, pp.4)

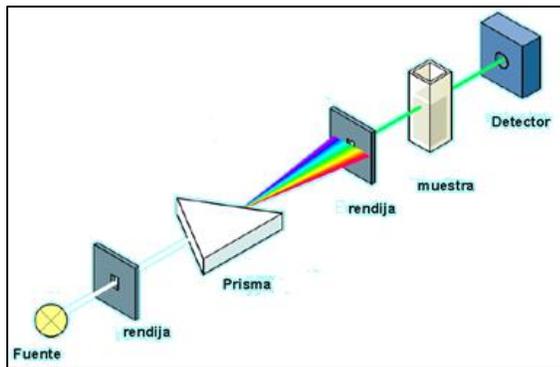


Figura 11. Componentes del espectrómetro (Fernández, 2015)

Maier & Santos Afonso (s.f) menciona que el equipo espectro fotómetro se constituye por una fuente de luz blanca, la primera rendija elige un rayo que contiene todas las frecuencias emitidas, este rayo pasa a través de un prisma de vidrio que descompone la luz blanca en sus diferentes frecuencias del rojo al violeta; la segunda rendija selecciona una de las frecuencias llamada luz monocromática que pasará a través de la muestra, al conjunto del prisma y segunda rendija se la denomina monocromador. La muestra al ser atravesada por el rayo monocromático incide sobre el detector, este envía los datos a un sistema informático que se observa en una pantalla digital

2.3 Normas, Testeo y Resultados

2.3.1 Normas

2.3.1.1 Solidez del color al lavado: acelerado

2.3.1.1.1 Propósito y alcance

Estas pruebas de lavado acelerado son para evaluar la solidez del color al lavado de textiles que se espera que resistan el lavado frecuente. La pérdida de color de la tela y los cambios en la superficie resultantes de la solución de detergente y la acción abrasiva de cinco lavados típicos a mano o en el hogar, con o sin cloro, se aproximan aproximadamente en una prueba de 45 minutos.

2.3.1.1.2 Principio

Las muestras se analizan en condiciones adecuadas de temperatura, solución de detergente, blanqueo y acción abrasiva, de modo que el cambio de color es similar al que se produce en lavados de cinco manos o en el hogar. El cambio de color se obtiene en un tiempo convenientemente corto. La acción abrasiva es el resultado de los efectos de fricción de la tela contra el recipiente, la baja proporción de la solución y el impacto de las bolas de acero en la tela

2.3.1.1.3 Aparatos y materiales

- Una máquina de lavado para rotar recipientes cerrados en un baño de agua controlado por termostato a 40 ± 2 rpm.
- Recipientes de acero inoxidable para la máquina de lavado de 500 ml.
- Bolas de acero inoxidable de 6 mm de diámetro.

- Tejidos de prueba multifibra (bandas de relleno de 8 mm) que contienen acetato, algodón, poliamida, poliéster, acrílico y lana.
- Muestras de prueba de un tamaño de 50 x 150 mm para la prueba 3ª.
- Detergente de referencia estándar AATCC WOB 1993 (sin agente blanqueador fluorescente y sin fosfato)
- Agua, destilada o desionizada (**AATCC, 2010**)

3 METODOLOGÍA

En este capítulo se determinó los métodos de investigación utilizados para la realización del estudio comparativo de afinidad tintórea mediante la intensidad de color, cambio de color y transferencia de color de las fibras de algodón, bambú y acetato de celulosa.

3.1 Métodos de Investigación

Debido a que no existen modelos de investigación similares que determinen comparativamente los parámetros de afinidad tintórea de colorantes amarillo, azul y rojo en fibras de algodón, bambú y acetato de celulosa, esta investigación será exploratorio. Los métodos que se usaron durante el desarrollo de esta investigación fueron experimental comparativos

A su vez se aplicó técnicas estadísticas que se utilizaron en el proceso de los resultados obtenidos mientras se realizaba lo práctico con el fin de presentar datos ordenados y representaciones gráficas válidas para una mejor comparación de resultados de afinidad tintórea de los colorantes directos amarillo, azul y rojo.

La investigación se realizó en tres fases: En la primera fase se seleccionó 3 marcas de colorantes y de cada una de ellas 3 colorantes directos: amarillo, azul y rojo, dando un total de 9 colorantes; una vez elegido el número de colorantes y determinado 3 concentraciones diferentes para cada uno, se seleccionó el tipo de tejido y determinó el número de muestras de algodón, bambú y acetato de celulosa a ensayar; dando un total de 81 muestras, 27 de cada fibra. En la segunda fase se realizó las 81 pruebas de tintura con los tres colorantes directos amarillo, azul y rojo de las tres casas comerciales en las tres fibras celulósicas mediante el uso de la máquina autoclave; luego, se midió la intensidad de color en el espectrofotómetro mediante el método %STR-SWL, posteriormente se desarrolló la prueba de solidez del color al lavado en las telas de algodón, bambú y acetato de

celulosa donde se midió el cambio de color y transferencia de color mediante la escala de grises; y, se obtuvieron resultados de afinidad tintórea. Y, en la tercera fase, mediante un análisis comparativo se procedió a la evaluación de resultados obtenidos en los tres colorantes directos, para finalmente llegar a establecer cuál colorante directo presenta mayor afinidad tintóreas y qué parámetro fibra, marca o concentración de colorante tiene mayor influencia en el grado de afinidad tintórea. Este proceso se indica en la figura 12.



Figura 12. Metodología seguida en la investigación (El autor)

Las pruebas de testeo de esta investigación se realizaron en el laboratorio de la Carrera de Ingeniería Textil de la Universidad Técnica del Norte, la medición de intensidad de color en el equipo Espectrofotómetro mediante el método %STR-SWL; la prueba de solidez de color al lavado en la máquina autoclave utilizando la norma AATCC 61-2013, MÉTODO DE PRUEBA SOLIDEZ DEL COLOR AL LAVADO: ACELERADO y la medición de cambio de color y transferencia de color mediante la escala de grises utilizando la norma ISO 105-A02: 1993 e ISO 105-A03: 1993, respectivamente, en los cuales se hizo un análisis para cada una de las 81 muestras. Cabe recalcar que se ensayaron con telas APT, caso contrario tiende a alterar sus propiedades en este caso la absorción de colorante debido al contenido de grasas o aceites propios de la fibra o producidos por las máquinas posteriores.

3.2 Recopilación de la Información

La información que se obtuvo para el desarrollo del segundo capítulo de este trabajo fue gracias a diferentes fuentes secundarias basadas en estudios realizados sobre la tintura de fibras celulósicas, colorantes directos, afinidad tintórea, norma técnica de solidez de color al lavado, y demás temas relacionados a la investigación donde se manifiesta que dichas fibras tienen una cierta capacidad de absorción de colorante pero a ciencia cierta no hay un estudio que valide de que parámetro como fibra, marca o porcentaje de colorante depende la afinidad tintórea de los colorantes directos amarillo, azul y rojo.

3.3 Diseño Muestral

Esta investigación se enfocó en el proceso de tintura con colorantes directos y prueba de solidez del color al lavado en tejido de punto de fibras celulósicas para conocer la afinidad tintórea de dichos colorantes.

Se eligió tres colorantes de diferentes colores amarillo, azul y rojo; cada uno de tres marcas de colorantes Seyquiin, Quimicolours y Aromcolor; tres concentraciones de cada colorante 0,5 %, 1% y 3%; y tres fibras celulósicas algodón, bambú y acetato de celulosa, es decir, para cada tipo de fibra se seleccionó 27 muestras de tejido de punto con un peso de 8 gramos cada una; teniendo como total 81 muestras de tela que fueron tinturadas y sometidas a la prueba de solidez del color al lavado. Todas las muestras analizadas serán previamente lavadas.

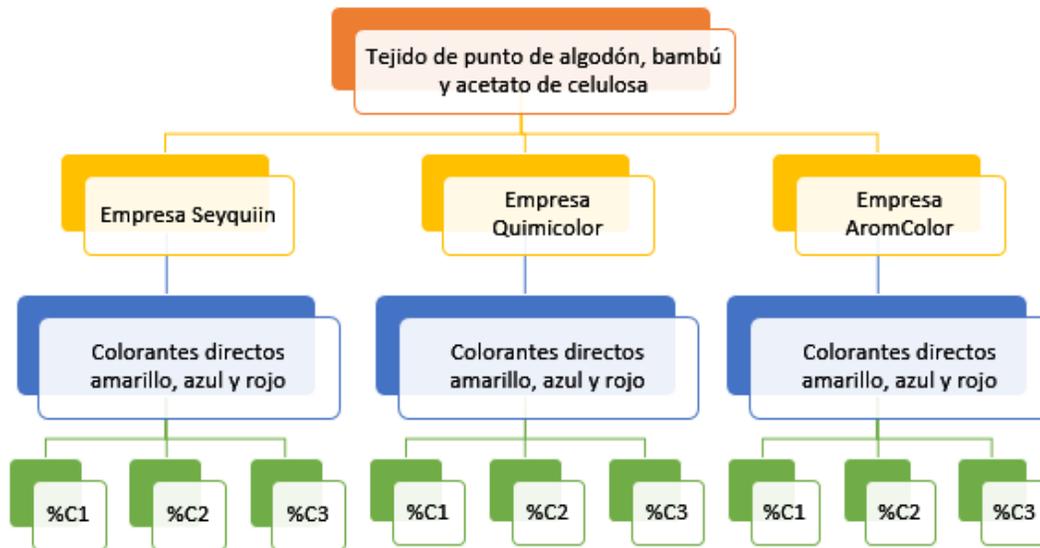


Figura 13. Diseño de muestras de tejidos y colorantes directos amarillo, azul y rojo (El autor)

En la figura 13 se representa las muestras de tejidos de punto y los colorantes directos amarillo, azul y rojo a concentraciones diferentes que se utilizaron para los ensayos de esta investigación. Las concentraciones están representadas por %C.

3.3.1 Selección de la muestra

La selección del número de muestras ha tinturar se realizó en base al número de marcas de colorante, color de colorante y porcentaje de colorante a utilizarse para cada tipo de fibra. En el caso de las marcas de los colorantes se tomó en consideración Seyquiin, Quimicolours y Aromcolor por ser casas comerciales de colorantes reconocidas y utilizadas en la industria textil en el área de tintorería, en cuanto a los colores de colorante se utilizó amarillo, azul y rojo por ser los colores primarios y concentración de colorante 0,5 %, 1% y 3% por ser porcentajes de tonos bajos, medios y oscuros.

En la tabla 8 se puede apreciar las especificaciones de los tejidos seleccionados para esta investigación.

Tabla 8
Especificaciones de tejidos

	TEJIDO 100% ALGODÓN	TEJIDO 100% BAMBÚ	TEJIDO 100% ACETATO DE CELULOSA
Tipo de tejido	Jersey	Jersey	Jersey
Ancho	1,69 m	1 m	1,65 m
Gramaje	153 $\frac{g}{m^2}$	294 $\frac{g}{m^2}$	172 $\frac{g}{m^2}$
Rendimiento	3,87 $\frac{m}{kg}$	3,40 $\frac{m}{kg}$	3,52 $\frac{m}{kg}$

Fuente: El autor

Además de los tejidos de fibras celulósicas mencionados anteriormente, para el proceso de tintura se seleccionaron los siguientes colorantes directos

Tabla 9
Colorantes directos amarillo, azul y rojo

SEYQUIN	QUIMICOLOURS	AROMCOLOR
Amarillo Directo RL	Everdirect Amarillo RL	Indosol Amarillo SF2RL
Directo Azul 71	Everdirect Azul BRL	Indosol Azul SF GL 370%
Rojo Directo 4G	Everdirect Rojo BWS	Indosol Rojo 2BR

Fuente: (El autor)

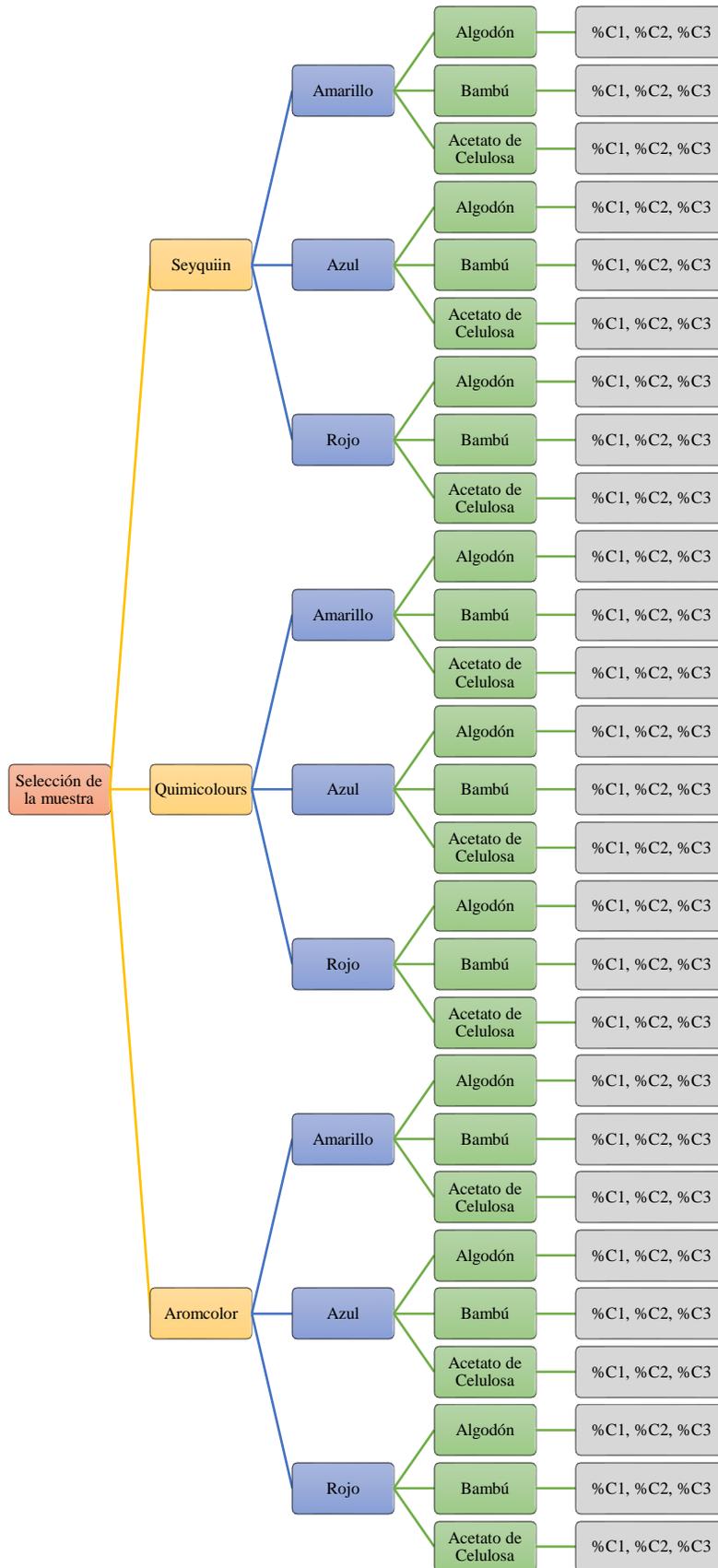


Figura 14. Muestras de tejidos y colorantes que se utilizan para los ensayos (El autor)

En la figura 14 se puede apreciar las muestras de tejido de punto de fibras celulósicas y colorantes directos de las diferentes marcas que se utilizaron para los ensayos. Las concentraciones de colorantes están representadas por %C.

3.4 Metodología de Campo

Con el fin de cumplir el objetivo trazado en esta investigación, las pruebas de tintura se realizaron en tela de punto APT. En la tintura por agotamiento se utilizaron colorantes directos amarillo, azul y rojo en los tres tejidos de fibras celulósicas, seguidamente se procedió a realizar el análisis espectrofotométrico de intensidad de color y las pruebas de solidez al lavado para cada muestra. Estas muestras derivadas de la prueba de solidez al lavado fueron analizadas mediante la escala de grises donde se midió el cambio de color y transferencia de color de las muestras de tejido de punto tinturadas con colorantes amarillo, azul y rojo. La evaluación comparativa final de resultados se realizó con los datos de intensidad, degradación y transferencia de color provenientes del equipo espectrofotómetro.

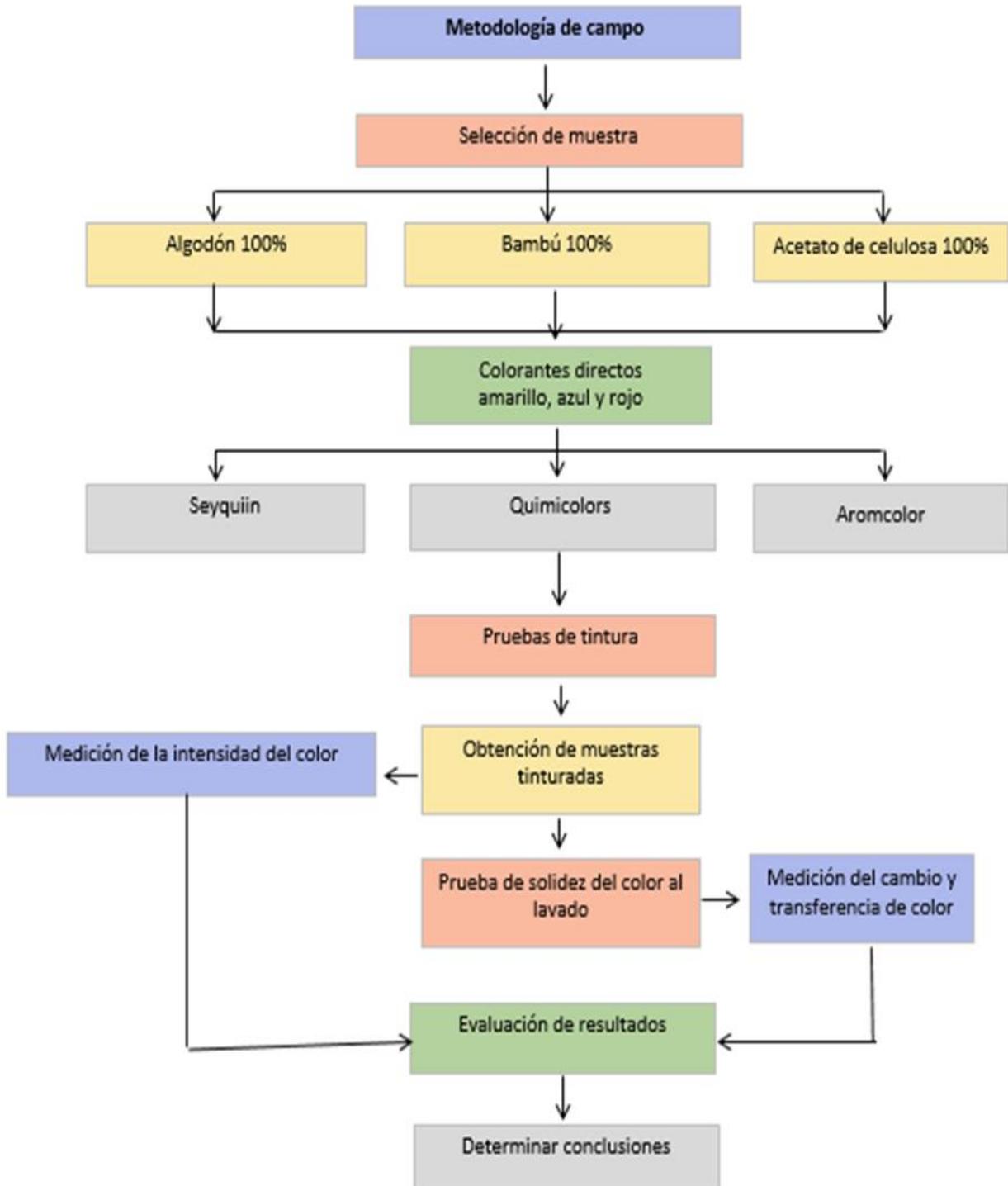


Figura 15. Metodología definida para el desarrollo de los ensayos (El autor)

En la figura 15 se puede apreciar la metodología detallada que se siguió en la investigación para realizar las pruebas de testeo. Las concentraciones de colorantes están representadas por %C.

3.4.1 Proceso de tintura

La tintura de los tejidos de punto inicia a partir de los tejidos de algodón, bambú y acetato de celulosa APT; luego, los tejidos se colocaron en los vasos junto a la respectiva concentración de colorante y auxiliares de tintura, posteriormente, van a la máquina autoclave con la respectiva programación de acuerdo a la curva de tintura para colorantes directos. Después del proceso de tintura se realizó el proceso de fijado de colorante en las muestras para evitar que sangre el color.

Las pruebas de tintura con colorantes directos amarillo, azul y rojo en las muestras de tejido de punto de fibra de algodón, bambú y acetato de celulosa se realizaron en la máquina de laboratorio autoclave, tomando en cuenta los parámetros de tintura. Para el caso de estudio se realizaron 81 ensayos utilizando 3 colorantes directos de 3 casas comerciales a 3 concentraciones en los 3 tipos de fibra. Los colorantes utilizados en este proceso fueron adquiridos en casas comerciales de químicos textiles reconocidos para que la investigación tenga valor y pueda ser tomada como un referente de afinidad tintórea de colorantes directos. En la figura 16 se muestra el proceso que se siguió para realizar las pruebas de tintura.

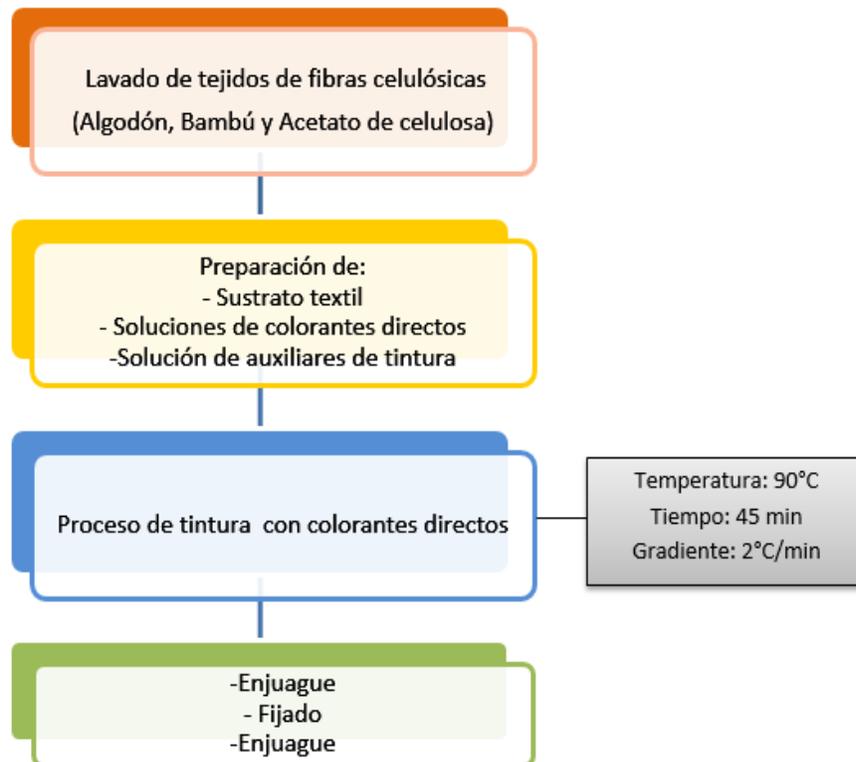


Figura 16. Esquema del proceso de tintura (El autor)

Para este proceso se utilizó el equipo autoclave que cuenta con 24 vasos donde se tinturaron las muestras de algodón, bambú y acetato con los colorantes amarillo Seyquiin, amarillo Quimicolours, amarillo Aromcolor, en tres concentraciones 0,5%, 1%, 3% cada colorante; posteriormente se procedió hacer el mismo procedimiento con el colorante azul Seyquiin, azul Quimicolours, azul Aromcolor y rojo Seyquiin, rojo Quimicolours, rojo Aromcolor.

Quedaron sobrantes 3 muestras de acetato de celulosa en cada cargada, las cuales fueron tinturadas en la última cargada de la autoclave.

Para la tintura de las 27 muestras de algodón, 27 de bambú y 27 de acetato de celulosa se utilizó las siguientes especificaciones:

Tabla 10

Hoja de tintura para algodón, bambú y acetato de celulosa con colorantes directos

HOJA DE TINTURA			
Peso muestra: 8 gr	Tejido: jersey		
R/B: 1:10	Volumen: 80 ml		
COLORANTES			
Amarillo Directo RL	3%	1%	0,5%
Directo Azul 71	3%	1%	0,5%
Rojo Directo 4G	3%	1%	0,5%
Everdirect Amarillo RL	3%	1%	0,5%
Everdirect Azul BRL	3%	1%	0,5%
Everdirect Rojo BWS	3%	1%	0,5%
Indosol Amarillo SF2RL	3%	1%	0,5%
Indosol Azul SF GL 370%	3%	1%	0,5%
Indosol Rojo 2BR	3%	1%	0,5%
AUXILIARES			
Secuestrante	1 g/lt		
Igualante	1 g/lt		
Humectante	0,5 g/lt		
Sal	5 g/lt		
Fijador	2%		

Fuente: (El autor)

En la tabla 10 se muestra los colorantes junto a las concentraciones y los auxiliares que se utilizaron para la tintura de los tejidos de algodón, bambú y acetato de celulosa.

En la figura 17 se muestra la curva de tintura que se utilizó para la tintura de colorantes directos.

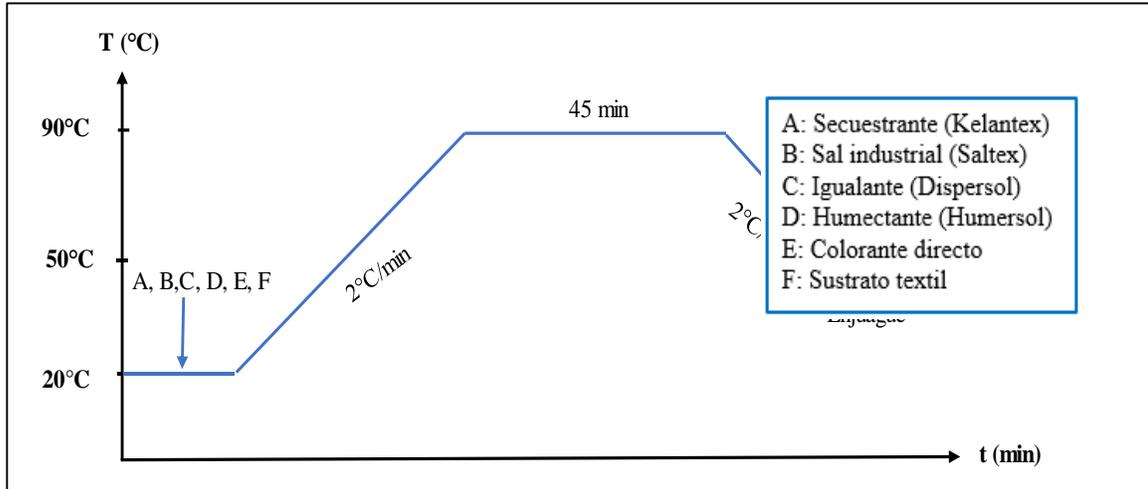


Figura 17. Curva del proceso de tintura con colorantes directos (El autor)

Se utilizó el mismo peso de 8 gr de tejido de punto de algodón, bambú y acetato de celulosa y la misma curva de tintura para todas las pruebas al igual que la relación de baño que es de 1:10; es decir, que para este proceso se utilizaron 80 ml de solución de tintura para cada muestra.

Posteriormente se realizó un proceso de fijado donde se empleó la siguiente curva de proceso para las 81 muestras, como se muestra en la figura 18.

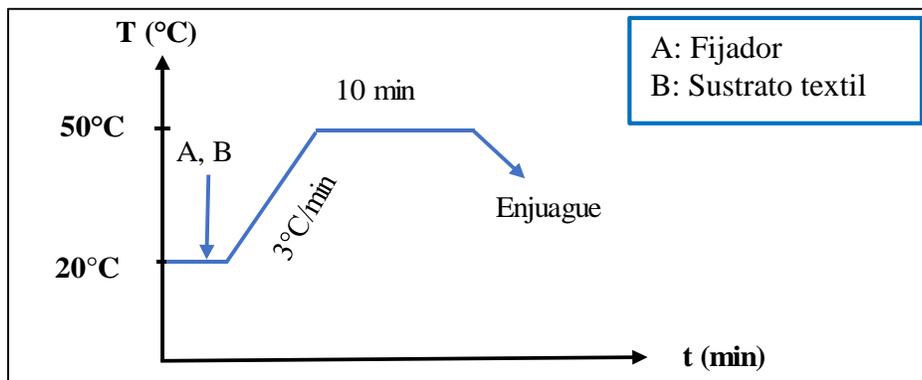


Figura 18. Curva de fijado de colorantes directos (El autor)

3.4.1.1 *Medición de intensidad de color*

Después de haber tinturado las 81 muestras con colorantes directos amarillo, azul y rojo se sometió cada muestra a un análisis espectrofotométrico de intensidad de color donde el método utilizado para obtener este dato es % STR-SWL.

Según AATCC (2010) el valor de intensidad o fuerza es un valor numérico único relacionado con la cantidad de material absorbente de color (colorante) contenido en una muestra, se utiliza con mayor frecuencia para calcular la diferencia de intensidad (% de intensidad) entre dos muestras coloreadas.

El valor de intensidad del color de las muestras medidas en un espectrofotómetro suele implicar el cálculo de un valor K / S en uno o más intervalos de longitud de onda. La ecuación comúnmente utilizada para calcular el valor K / S para muestras textiles a una longitud de onda específica (λ) es:

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

Donde:

$\%R$ = es el coeficiente de absorción de la muestra; el valor de $\% R$ es normalmente medido por un espectrofotómetro y normalizado a 1, es decir, $100\% = 1$.

AATCC (2010) también menciona que los valores de intensidad del color calculados mediante el método SWL se pueden utilizar para calcular la diferencia relativa de intensidad entre dos o más muestras, una de las cuales se considera estándar. El resultado de esta comparación da una cantidad numérica que se denomina % de intensidad o fuerza.

$$\%Intensidad = \frac{\text{Valor de Intensidad}_{\text{muestra}}}{\text{Valor de Intensidad}_{\text{estándar}}} * 100$$

3.4.2 Prueba de solidez de color al lavado

Sobre la prueba de solidez del color al lavado método de prueba 3A en el equipo Autoclave explica que esta prueba es para evaluar la resistencia del color al lavado de textiles considerados lavables en condiciones vigorosas. Las muestras sometidas a esta prueba deben mostrar un cambio de color similar al producido por cinco lavados a máquina en el hogar a $60 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ ($140 \pm 5 \text{ }^\circ\text{F}$).

Para realizar la prueba de solidez al lavado de las muestras tinturas con colorantes directos amarillo, azul y rojo en fibras celulósicas se tomó como referencia la norma **AATCC 61-2013 SOLIDEZ DEL COLOR AL LAVADO: ACELERADO-método de prueba 3A** que debe cumplir con condiciones de lavado como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 11
Condiciones de prueba método 3A de solidez al lavado

Temperatura ($^\circ\text{C}$)	Tiempo (min)	Porcentaje de detergente en polvo	Porcentaje de detergente en líquido	Balines (#)	Agua destilada (ml)
71	45	0.15	0.23	100	50

Fuente: (AATCC, 2010)

Esta prueba se realizó en el equipo de laboratorio Autoclave donde se ingresó los parámetros de lavado y automáticamente la máquina procedió a realizar el proceso.

3.4.2.1 Medición de cambio de color y transferencia de color mediante la escala de grises

Mediante la función escala de grises del espectrofotómetro se realizó la evaluación del cambio de color y transferencia de color de las 81 muestras anteriormente sometidas al lavado.

Según Datacolor (2016) la escala de grises para el cambio de color indica la cantidad de desvanecimiento o alteración del color con la exposición del lavado, y la escala de grises para la transferencia de color indica la cantidad de transferencia de materiales adyacentes que ocurre con el lavado de una muestra. Ambas escalas se basan en pequeñas diferencias relativas entre un estándar de producto y una muestra sometida a la prueba de cualquier color en comparación con estas dos escalas de grises 5 = sin diferencia, 1=mayor diferencia.

De acuerdo a Bureau of Indian Standards (2013) la escala se puede aumentar mediante la provisión de muestras similares que ilustran las diferencias de color percibidas correspondientes a las clasificaciones de solidez de medio paso 4-5, 3-4, 2-3 y 1-2, tales escalas se denominan escalas de 9 pasos.

Datacolor (2016) menciona que según la norma ISO 105-A02: 1993 el cambio de color o pérdida de color usando la escala de cambio de gris se evalúa en comparación con cinco pares de estándares grises similares a los que se muestran a continuación. La mitad de cada estándar es siempre de croma idéntico al espécimen inicial. La segunda mitad varía desde el croma inicial (sin pérdida de color) hasta el blanco (pérdida de todo el color). La cantidad de contraste entre la tela tratada y la no tratada está relacionada con uno de los pares estándar para obtener la calificación de escala de grises. En esta escala, 5 indica que casi no se perdió ningún color, y 1 indica que se perdió la mayoría del color.

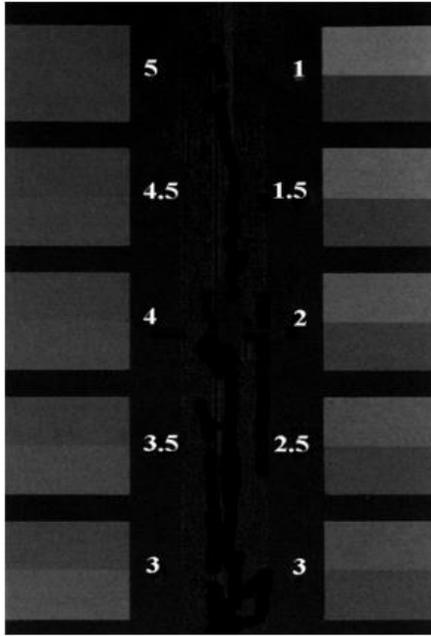


Figura 19. Escala de grises para cambio de color (Datacolor, 2016)

La mitad inferior de cada par muestra el color inicial y a la mitad superior muestra el color de la tela tratada.

Datacolor (2016) también menciona que según la norma ISO 105-A03: 1993 la transferencia de color de la muestra de prueba a una muestra adyacente se evalúa de manera muy similar a la del cambio de gris; nuevamente se usan cinco pares estándar la mitad de cada estándar es blanca y la segunda mitad varía de blanco (sin tinción) a gris con el valor de croma de la muestra de prueba (gran cantidad de tinción). Un valor de 5 corresponde a prácticamente ninguna tinción, mientras que 1 indica poca solidez del color.

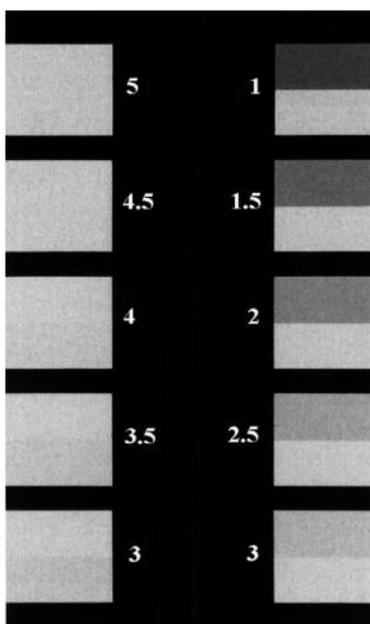


Figura 20. Escala de grises para tinción o transferencia de color (Datacolor, 2016)

La mitad inferior de cada par muestra el color inicial de la tela adyacente, la mitad superior muestra el color del tejido adyacente tratado.

En el cambio de color las muestras que se obtienen son medidas o comparadas con patrones de la escala de grises del 1 al 5, en donde 5 es la menor cantidad de cambio de color y 1 la mayor cantidad de cambio de color; y, en la transferencia de color las multifibras que se obtienen son medidas o comparadas con patrones de la escala de grises del 1 al 5, en donde 5 es la menor cantidad de transferencia de color y 1 es la mayor cantidad de transferencia de color.

Con estos resultados se realizará el análisis comparativo entre los colorantes amarillo, azul y rojo.

3.5 Procesamiento de Datos

Las herramientas que se utilizó para el procesamiento de datos será el sistema Microsoft Office, siendo los más utilizados Word y Excel. Estas herramientas estadísticas ayudaron a sintetizar los

datos obtenidos mediante tablas y gráficos para mejorar la presentación de los resultados, además de un mejor entendimiento y claridad al momento de interpretar los resultados.

3.6 Métodos y Técnicas Estadísticas Utilizadas

La evaluación de los resultados obtenidos se determinó mediante los métodos descriptivo y comparativo. Con estos métodos se logró describir y explicar los procesos que se realizaron en esta investigación como son tintura, medición de intensidad de color, prueba de solidez de color al lavado, cambio de color, transferencia de color y posteriormente la evaluación de resultados se hizo a través de técnicas estadísticas de dispersión y fueron tratados en PAST.

4 RESULTADOS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos de cada muestra durante los ensayos realizados. Se detallan los valores del análisis espectrofotométrico, de intensidad de color obtenido en la medición de las muestras tinturadas; de cambio de color y transferencia de color obtenido de la prueba de solidez de color al lavado. Consecutivamente se realizó el análisis estadístico para verificar la confiabilidad de los datos obtenidos y gráficos estadísticos de la media de los datos para interpretar, analizar y entender de forma más sencilla.

4.1 Resultados

De los ensayos realizados en la investigación se obtuvieron resultados que se muestran en las tablas 12, 13 y 14, en donde cada tabla contiene los resultados de las ochenta y un muestras de valores de intensidad de color, degradación de color y transferencia de color de las muestras de algodón, bambú y acetato de celulosa tinturadas con colorante amarillo, azul y rojo de Seyquiin, Quimicolours, Aromcolor a tres concentraciones 0,5%, 1% y 2%.

4.1.1 Resultados de intensidad de color.

Los valores de intensidad de color se indican en la tabla 12, en donde se muestra los resultados de las ochenta y un muestras de algodón, bambú y acetato de celulosa tinturadas con colorantes directos amarillo, azul y rojo de tres marcas comerciales a tres concentraciones; para obtener estos datos se escogió como estándar a las muestras tinturadas con colorantes de la marca Seyquiin para la comparación de la intensidad con las demás muestras.

Tabla 12
Resultados de intensidad de color

		INTENSIDAD DE COLOR								
		AMARILLO			AZUL			ROJO		
		3%	1%	0,50%	3%	1%	0,50%	3%	1%	0,50%
ALGODÓN	SEYQUIIN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	QUIMICOLOURS	103,47	106,91	111,10	110,92	131,31	127,84	94,29	113,38	98,03
	AROMCOLOR	87,51	95,50	102,30	102,72	133,00	121,83	68,31	129,55	113,24
BAMBÚ	SEYQUIIN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	QUIMICOLOURS	136,56	112,62	124,63	138,43	194,16	262,81	106,47	122,37	106,41
	AROMCOLOR	136,40	69,27	76,32	137,49	189,97	205,13	76,11	102,98	100,43
ACETATO DE CELULOSA	SEYQUIIN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	QUIMICOLOURS	110,93	107,92	105,96	121,28	115,82	128,76	99,00	111,31	103,13
	AROMCOLOR	83,84	84,69	87,71	124,04	122,10	137,48	76,11	120,39	126,60

Fuente: (El autor)

En la tabla 12 se puede observar los valores de intensidad de color %STR-SWL obtenidos de cada una de las muestras; los cuales se encuentran organizados por color amarillo, azul y rojo en tejido de fibras algodón, bambú y acetato de celulosa.

4.1.2 Resultados de degradación de color.

Los valores de degradación de color se indican en la tabla 13, en donde se muestra los resultados de las ochenta y un muestras de tres fibras celulósicas, a las cuales una vez tinturadas con colorantes directos amarillo, azul y rojo de tres marcas comerciales a tres concentraciones se les realizó la prueba de solidez del color al lavado; para obtener estos datos mediante la escala de grises se realizó una comparación de la muestra original con la muestra sometida a la prueba de solidez.

Tabla 13
Resultados de degradación de color

		DEGRADACIÓN DE COLOR								
		AMARILLO			AZUL			ROJO		
		3%	1%	0,50%	3%	1%	0,50%	3%	1%	0,50%
ALGODÓN	SEYQUIIN	2,5	4,5	4	1,5	4,5	3	2	3,5	4,5
	QUIMICOLOURS	2	3,5	3,5	2	3	2,5	2	3,5	3,5
	AROMCOLOR	2,5	4,5	3,5	1,5	3	3	2,5	4,5	4
BAMBÚ	SEYQUIIN	4,5	4,5	3	4	2	3,5	4	4	4
	QUIMICOLOURS	4,5	3	2,5	3,5	3	4	3,5	4,5	2,5
	AROMCOLOR	3,5	4	3	2,5	4	3	4,5	4	4,5
ACETATO DE CELULOSA	SEYQUIIN	4	3	3,5	1,5	3,5	3,5	3	2	2,5
	QUIMICOLOURS	4	4	3,5	2,5	5	3	3,5	4,5	3,5
	AROMCOLOR	2	3	3,5	1,5	3,5	3,5	3	4	4,5

Fuente: (El Autor)

En la tabla 13 se puede observar los valores de degradación o cambio de color obtenidos de cada una de las muestras en la prueba de solidez de color al lavado; valores que van desde 1 hasta el 5 según la escala de grises.

4.1.1 Resultados de transferencia de color.

Los valores de transferencia de color se indican en la tabla 14, en donde se muestra los resultados de las ochenta y un muestras de tres fibras celulósicas, a las cuales una vez tinturadas con colorantes directos amarillo, azul y rojo de tres marcas comerciales a tres concentraciones se les realizó la prueba de solidez del color al lavado; para obtener estos datos mediante la escala de grises se realizó una comparación de la multifibra original con la multifibra sometida a la prueba de solidez

Tabla 14
Resultados de transferencia de color

	ALGODÓN			BAMBÚ			ACETATO DE CELULOSA			ALGODÓN			BAMBÚ			ACETATO DE CELULOSA			ALGODÓN			BAMBÚ			ACETATO DE CELULOSA					
	S	Q	A	S	Q	A	S	Q	A	S	Q	A	S	Q	A	S	Q	A	S	Q	A	S	Q	A	S	Q	A	S	Q	A
	AMARILLO 3%									AMARILLO 1%									AMARILLO 0,5%											
Acetato	4,5	4,5	4,5	4	3,5	4	4,5	4,5	4	5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	5	4,5	5	5	5	4,5	4,5	4	5	5	4,5	4	4	3
Algodón	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	3	3,5	3	2,5	3,5	3,5	3,5	3	4	4	4	3	2	1,5	4	4	3			
Poliamida	2,5	2,5	2	2	2	2	3	2,5	2	5	5	4,5	4	4	3	4,5	5	4,5	5	5	5	4,5	2,5	3,5	5	5	4			
Poliéster	4,5	4,5	4	4	4,5	3	4,5	4,5	4	5	5	5	5	4,5	3	5	5	4,5	5	5	5	4	5	3,5	4,5	5	4,5			
Acrílico	4	4	3,5	3,5	3,5	2	4	4	3,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4	4,5	4,5	4	4,5	4	4,5	4,5	4	4	4,5	4,5	4,5			
Lana	4	3	3	3,5	3	2	4	3,5	3,5	4,5	4	5	4,5	5	4,5	5	4,5	5	3,5	4,5	4,5	2,5	4	2,5	5	4,5	5			
	AZUL 3%									AZUL 1%									AZUL 0,5%											
Acetato	4,5	4,5	4,5	4	3,5	4	4,5	4	4,5	4,5	5	5	4,5	4,5	4,5	4,5	5	5	4,5	5	5	5	5	5	4,5	5	5	4,5	5	5
Algodón	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2,5	2	2	2	2,5	2,5	2,5	3	2,5	2,5	3	2	2,5	3	2,5	3	3			
Poliamida	2,5	2,5	2,5	2	2	2,5	2,5	2,5	2,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4	4	4	4,5	4,5	4	4,5	4	4,5	5	4,5	4,5			
Poliéster	4,5	4,5	4,5	3,5	4	4	4,5	4	4,5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4,5	5	5			
Acrílico	3,5	4	3,5	3,5	3,5	2	4,5	3,5	4	4,5	4,5	4,5	4	4	4	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4	4			
Lana	3	1,5	2	1,5	2	2	3	2	2	4	3,5	4	4,5	4	3	5	4,5	5	4	3,5	4,5	3,5	4,5	4	4	5	5			
	ROJO 3%									ROJO 1%									ROJO 0,5%											
Acetato	4,5	4,5	4,5	3,5	4	4	4	4,5	4,5	5	5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	5	4	5	5	5	5	5	5	4,5	5	5	4,5	5	5
Algodón	1	1	1	1	1	1,5	1	1	1	2,5	2,5	2,5	2,5	2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3	3	2,5	2,5	3	2,5	3	2,5			
Poliamida	3	4	3,5	2	3,5	3,5	3,5	4	4	5	5	4,5	5	5	4,5	5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4	4,5	4,5			
Poliéster	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4,5	5	5	5	5	5	4,5	5	5	5	4,5			
Acrílico	4,5	4,5	4,5	3,5	4	4	4	4,5	4	4	4	4	4	4,5	4,5	4	4,5	4	4,5	4,5	4,5	4,5	4	4	4,5	4	4,5			
Lana	3,5	3	4	2,5	3	4	3,5	3,5	3,5	4,5	4,5	4,5	4,5	3,5	4	4,5	4	4,5	4	4	4	3	4	4,5	4	4,5	4,5			

En la tabla 14 se puede observar los valores de transferencia de color obtenidos de cada una de las muestras en la prueba de solidez al lavado; valores que van desde 1 hasta el 5 según la escala de grises. Se observa también las fibras que fueron utilizadas (multifibra) para obtener las transferencias de color en cada una de ellas. Las marcas de colorantes Seyquiin, Quimicolours, Aromcolor se identifican por la letra S, Q, y A respectivamente

4.2 Evaluación de Resultados

El análisis de los valores obtenidos se realizó mediante medidas de tendencia central y de dispersión, la media y el coeficiente de variación, a través de un análisis comparativo entre los valores obtenidos para cada uno de los colorantes amarillo, azul y rojo subdivididos por fibra, marca y concentración para determinar que colorante presenta mayor afinidad tintórea y el grado de influencia de los parámetros fibra, marca y concentración en intensidad, degradación y transferencia de color.

4.2.1 Normalidad de los datos.

Antes de someter los datos al análisis estadístico se procedió a someter al test de normalidad los valores de intensidad de color, degradación de color y transferencia de color obtenidos del análisis de las muestras en el espectrofotómetro.

Este test indica que los datos pueden ser sometidos o no ser sometidos a procedimientos estadísticos. En las tablas 15, 16 y 17 se indican los valores de normalidad de los métodos Shapiro-Wilk W, Anderson-Darling A, Lilliefors L y Jarque-Bera JB; que se obtuvieron de los valores de intensidad de color, degradación de color y transferencia de color, respectivamente, los cuales fueron sometidos al test de normalidad.

Tabla 15
Test de normalidad de los resultados de intensidad de color

	AMARILLO			AZUL			ROJO		
	3%	1%	0,50%	3%	1%	0,50%	3%	1%	0,50%
N	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Shapiro-Wilk W	0,8626	0,8847	0,9493	0,8454	0,8049	0,7721	0,8311	0,8857	0,7525
p(normal)	0,1024	0,1759	0,6824	0,06638	0,02322	0,009769	0,046	0,1801	0,0058
Anderson-Darling A	0,5902	0,504	0,3601	0,5574	0,745	0,9108	0,7913	0,4345	0,9861
p(normal)	0,08697	0,1478	0,3624	0,107	0,03274	0,0115	0,02444	0,23	0,007161
p(Monte Carlo)	0,0843	0,1533	0,3876	0,1071	0,0296	0,0104	0,0248	0,248	0,0082
Lilliefors L	0,2312	0,2433	0,2516	0,2245	0,2649	0,3149	0,2715	0,2115	0,2601
p(normal)	0,1759	0,1256	0,0984	0,2096	0,06533	0,01139	0,0527	0,2878	0,07584
p(Monte Carlo)	0,1828	0,1325	0,1003	0,221	0,0691	0,0113	0,0549	0,2982	0,078
Jarque-Bera JB	0,9112	1,75	0,0274	0,9852	1,426	2,772	1,174	0,8171	4,049
p(normal)	0,6341	0,4169	0,9864	0,611	0,4902	0,25	0,5561	0,6646	0,1321
p(Monte Carlo)	0,2942	0,0764	0,9923	0,2397	0,1082	0,0341	0,1672	0,3598	0,0165

Fuente: (El autor)

En la tabla 15 se aprecia el test de normalidad realizado para aceptar la hipótesis nula. Encontrándose que los valores en los cuatro métodos la mayoría son mayores a 0,05 por consecuencia respaldándose en los resultados confiables de estos métodos utilizados, se puede decir que los datos tienen una confiabilidad de un 95%.

Tabla 16
Test de normalidad de los resultados de degradación de color

	AMARILLO			AZUL			ROJO		
	3%	1%	0,50%	3%	1%	0,50%	3%	1%	0,50%
N	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Shapiro-Wilk W	0,8662	0,8265	0,8728	0,8256	0,9601	0,9131	0,9506	0,7953	0,8489
p(normal)	0,1119	0,04075	0,1318	0,03984	0,7994	0,3379	0,6962	0,01804	0,07244
Anderson-Darling	0,5034	0,6189	0,7163	0,6696	0,2726	0,5179	0,2164	0,7419	0,5433
p(normal)	0,1485	0,07257	0,03923	0,05268	0,5745	0,1351	0,7752	0,03339	0,1169
p(Monte Carlo)	0,1569	0,072	0,0377	0,0558	0,6296	0,1453	0,818	0,0321	0,1148
Lilliefors L	0,2184	0,2117	0,3165	0,2407	0,1784	0,2484	0,1246	0,2502	0,1922
p(normal)	0,2437	0,2865	0,01066	0,1354	0,5547	0,1083	1,143	0,1028	0,4338
p(Monte Carlo)	0,2529	0,2941	0,0103	0,1352	0,563	0,1087	0,9568	0,1087	0,4399
Jarque-Bera JB	1,017	1,02	0,4549	1,186	0,1525	0,1498	0,4184	3,696	0,9169
p(normal)	0,6013	0,6006	0,7966	0,5526	0,9266	0,9278	0,8112	0,1575	0,6323
p(Monte Carlo)	0,223	0,2188	0,7125	0,1582	0,9385	0,9421	0,7486	0,0213	0,2872

Fuente: (El autor)

En la tabla 16 se aprecia que ningún valor es inferior a 0,05 lo que significa que todos los datos superan el nivel de confiabilidad y pueden ser sometidos a procedimientos estadísticos

Tabla 17
 Test de normalidad de los resultados de transferencia de color

	ALGODÓN			BAMBÚ			ACETATO			ALGODÓN			BAMBÚ			ACETATO			ALGODÓN			BAMBÚ			ACETATO DE CELULOSA		
	S	Q	A	S	Q	A	S	Q	A	S	Q	A	S	Q	A	S	Q	A	S	Q	A	S	Q	A	S	Q	A
AMARILLO 3%																											
N	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
Shapiro-Wilk W	0,8144	0,8971	0,9596	0,8269	0,9567	0,9155	0,793	0,8739	0,8269	0,8216	0,8663	0,8137	0,8566	0,7969	0,8606	0,8137	0,7727	0,8566	0,8311	0,7752	0,8216	0,8	0,9076	0,8513	0,8216	0,8216	0,8566
p(normal)	0,07887	0,3572	0,8165	0,1012	0,7939	0,4733	0,05076	0,2422	0,1012	0,09114	0,2117	0,07784	0,1777	0,0551	0,1912	0,07784	0,03294	0,1777	0,1099	0,03473	0,09114	0,05872	0,4207	0,1614	0,09114	0,09114	0,1777
Anderson-Darling J	0,5639	0,3191	0,1936	0,5345	0,2404	0,3893	0,6086	0,3788	0,5345	0,5444	0,413	0,591	0,5243	0,6703	0,3759	0,591	0,6566	0,5243	0,4988	0,6248	0,5444	0,5904	0,3476	0,46	0,5444	0,5444	0,5243
p(normal)	0,0804	0,4058	0,8076	0,09803	0,6269	0,2578	0,05947	0,2764	0,09803	0,09171	0,2203	0,06696	0,105	0,03922	0,2816	0,06696	0,04301	0,105	0,1224	0,05331	0,09171	0,06723	0,3384	0,1602	0,09171	0,09171	0,105
p(Monte Carlo)	0,083	0,4599	0,87	0,1017	0,7046	0,2799	0,06	0,3019	0,0965	0,095	0,2451	0,0653	0,112	0,0373	0,3115	0,0684	0,0406	0,1061	0,1332	0,0539	0,0963	0,0639	0,3827	0,1721	0,0938	0,0912	0,105
Lilliefors L	0,3289	0,2081	0,1667	0,3251	0,1934	0,2932	0,312	0,2152	0,3251	0,2929	0,2543	0,3333	0,3083	0,315	0,1951	0,3333	0,2766	0,3083	0,2854	0,3017	0,2929	0,2768	0,2789	0,2994	0,2929	0,2929	0,3083
p(normal)	0,04089	0,5725	0,8677	0,04558	0,6858	0,1073	0,06566	0,5176	0,04558	0,1082	0,2611	0,036	0,07257	0,06054	0,673	0,036	0,1603	0,07257	0,1302	0,08642	0,1082	0,1598	0,1521	0,09172	0,1082	0,1082	0,07257
p(Monte Carlo)	0,0421	0,5731	0,884	0,0466	0,6884	0,1122	0,0692	0,5269	0,049	0,1064	0,2712	0,0361	0,0751	0,0583	0,6721	0,0375	0,1666	0,0718	0,1328	0,0857	0,1114	0,1618	0,1598	0,0956	0,1129	0,1138	0,0724
Jarque-Bera JB	1,024	0,6004	0,4892	0,8784	0,3615	0,344	1,501	0,8172	0,8784	0,6224	0,8875	1	1,008	1,69	0,6769	1	1,341	1,008	0,7383	0,8136	0,6224	0,8535	0,6139	0,8525	0,6224	0,6224	1,008
p(normal)	0,5994	0,7407	0,783	0,6446	0,8346	0,842	0,4722	0,6646	0,6446	0,7326	0,6416	0,6065	0,604	0,4295	0,7129	0,6065	0,5115	0,604	0,6913	0,6658	0,7326	0,6526	0,7357	0,6529	0,7326	0,7326	0,604
p(Monte Carlo)	0,1179	0,4682	0,6211	0,1747	0,788	0,8118	0,0527	0,2044	0,1679	0,4271	0,1678	0,1202	0,1188	0,4003	0,3569	0,1171	0,0682	0,1224	0,286	0,2167	0,4281	0,1852	0,4484	0,1747	0,4243	0,4261	0,115
AMARILLO 1%																											
AMARILLO 0,5%																											
AZUL 3%																											
AZUL 1%																											
AZUL 0,5%																											
N	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
Shapiro-Wilk W	0,9234	0,8667	0,9244	0,8924	0,9018	0,8911	0,8389	0,9067	0,8885	0,7501	0,8513	0,7709	0,7501	0,8121	0,9124	0,8149	0,8149	0,8087	0,7969	0,8513	0,8663	0,8232	0,8149	0,8663	0,7969	0,8087	0,8087
p(normal)	0,53	0,2133	0,5378	0,3308	0,3845	0,3241	0,1276	0,415	0,3105	0,01997	0,1614	0,03167	0,01997	0,07527	0,4522	0,07964	0,07964	0,0703	0,0551	0,1614	0,2117	0,09408	0,07964	0,2117	0,0551	0,0703	0,0703
Anderson-Darling J	0,258	0,3894	0,2515	0,3718	0,375	0,3738	0,4824	0,2967	0,3489	0,7925	0,46	0,6681	0,7925	0,6052	0,3294	0,5466	0,5466	0,5521	0,6703	0,46	0,413	0,5298	0,5466	0,413	0,6703	0,5521	0,5521
p(normal)	0,5649	0,2576	0,5866	0,2892	0,2832	0,2854	0,1372	0,467	0,3356	0,01721	0,1602	0,03979	0,01721	0,06082	0,3801	0,09034	0,09034	0,08706	0,03922	0,1602	0,2203	0,1012	0,09034	0,2203	0,03922	0,08706	0,08706
p(Monte Carlo)	0,6557	0,2863	0,6683	0,3225	0,3122	0,318	0,1478	0,519	0,37	0,015	0,1735	0,0383	0,0175	0,0633	0,4273	0,0945	0,0994	0,0907	0,04	0,1707	0,2368	0,1021	0,0943	0,2481	0,04	0,0902	0,0888
Lilliefors L	0,1754	0,2407	0,1889	0,2698	0,262	0,2143	0,2915	0,209	0,2345	0,3184	0,2994	0,2831	0,3184	0,3333	0,2261	0,272	0,272	0,2668	0,315	0,2994	0,2543	0,3071	0,272	0,2543	0,315	0,2668	0,2668
p(normal)	0,8145	0,3396	0,7198	0,1873	0,2221	0,5245	0,1121	0,5651	0,3798	0,05506	0,09172	0,1376	0,05506	0,036	0,4373	0,1782	0,1782	0,2005	0,06054	0,09172	0,2611	0,07479	0,1782	0,2611	0,06054	0,2005	0,2005
p(Monte Carlo)	0,8301	0,3545	0,7305	0,1947	0,2319	0,532	0,1129	0,5739	0,3956	0,0574	0,0969	0,1425	0,0576	0,0372	0,4506	0,1859	0,1875	0,2101	0,0614	0,0933	0,2794	0,0795	0,1825	0,2698	0,0669	0,2072	0,212
Jarque-Bera JB	0,4435	0,7346	0,4962	0,7079	0,5636	0,4617	0,6452	0,5562	0,6263	2,188	0,8525	1,939	2,188	1,682	0,629	1,456	1,456	1,024	1,69	0,8525	0,8875	1,154	1,456	0,8875	1,69	1,024	1,024
p(normal)	0,8011	0,6926	0,7803	0,7019	0,7544	0,7939	0,7243	0,7572	0,7311	0,3349	0,6529	0,3793	0,3349	0,4312	0,7301	0,4829	0,4829	0,5993	0,4295	0,6529	0,6416	0,5617	0,4829	0,6416	0,4295	0,5993	0,5993
p(Monte Carlo)	0,6865	0,278	0,6112	0,3213	0,5064	0,6642	0,3956	0,5297	0,4244	0,0176	0,1904	0,0294	0,017	0,0439	0,4254	0,0571	0,0612	0,115	0,0387	0,1866	0,1597	0,0892	0,0621	0,1641	0,0412	0,1145	0,1136
ROJO 3%																											
ROJO 1%																											
ROJO 0,5%																											
N	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
Shapiro-Wilk W	0,8017	0,7596	0,7106	0,9723	0,8466	0,7501	0,8442	0,8088	0,8275	0,7725	0,7725	0,7969	0,8149	0,8232	0,7969	0,8149	0,7969	0,8659	0,8149	0,8663	0,8663	0,823	0,8616	0,8663	0,8659	0,8566	0,7969
p(normal)	0,06087	0,02469	0,007971	0,9073	0,1478	0,01997	0,1411	0,07038	0,1024	0,03277	0,03277	0,0551	0,07964	0,09408	0,0551	0,07964	0,0551	0,2102	0,07964	0,2117	0,2117	0,0936	0,1948	0,2117	0,2102	0,1777	0,0551
Anderson-Darling J	0,5677	0,6921	0,8273	0,1936	0,4897	0,7925	0,5555	0,5885	0,5565	0,6475	0,6475	0,6703	0,5466	0,5298	0,6703	0,5466	0,6703	0,4686	0,5466	0,413	0,413	0,612	0,421	0,413	0,4686	0,5243	0,6703
p(normal)	0,07837	0,03386	0,01361	0,8076	0,1303	0,01721	0,08508	0,06807	0,08448	0,04574	0,04574	0,03922	0,09034	0,1012	0,03922	0,09034	0,03922	0,1509	0,09034	0,2203	0,2203	0,05809	0,2088	0,2203	0,1509	0,105	0,03922
p(Monte Carlo)	0,0817	0,0348	0,0093	0,8672	0,142	0,0163	0,0886	0,0717	0,0898	0,0458	0,0434	0,0398	0,0922	0,1086	0,0352	0,0919	0,0392	0,1642	0,092	0,2441	0,248	0,0552	0,2281	0,2397	0,159	0,1087	0,0417
Lilliefors L	0,2659	0,2842	0,2848	0,2029	0,2283	0,3184	0,3333	0,2644	0,286	0,2511	0,2511	0,315	0,272	0,3071	0,315	0,272	0,315	0,2948	0,272	0,2543	0,2543	0,3581	0,2623	0,2543	0,2948	0,3083	0,315
p(normal)	0,2042	0,1341	0,1322	0,6129	0,4217	0,05506	0,036	0,2109	0,1282	0,2781	0,2781	0,06054	0,1782	0,07479	0,06054	0,1782	0,06054	0,1031	0,1782	0,2611	0,2611	0,01705	0,2209	0,2611	0,1031	0,07257	0,06054
p(Monte Carlo)	0,2094	0,136	0,1349	0,6248	0,4276	0,0544	0,037	0,221	0,1347	0,2901	0,3022	0,0648	0,1888	0,0762	0,0623	0,1853	0,0639	0,1075	0,1868	0,268	0,2805	0,0164	0,2313	0,2735	0,1072	0,0752	0,0631
Jarque-Bera JB	1,148	1,486	2,267	0,3079	1,394	2,188	1,204	1,773	1,638	1,497	1,497	1,69	1,456	1,154	1,69	1,456	1,69	1,1	1,456	0,8875	0,8875	0,8289	0,8871	0,8875	1,1	1,008	1,69
p(normal)	0,5634	0,4756	0,3219	0,8573	0,498	0,3349	0,5476	0,4121	0,441	0,4732	0,4732	0,4295	0,4829	0,5617	0,4295	0,4829	0,4295	0,577	0,4829	0,6416	0,6416	0,6607	0,6417	0,6416	0,577	0,604	0,4295
p(Monte Carlo)	0,0931	0,0538	0,0148	0,8429	0,0636	0,0174	0,0854	0,035	0,045	0,0531	0,0533	0,0401	0,06	0,0883	0,0393	0,0628	0,0387	0,102	0,0576	0,162	0,1606	0,2012	0,1689	0,1646	0,1034	0,1181	0,0414

Fuente: (El autor)

En la tabla 17 se aprecia que ningún valor es inferior a 0,05 lo que significa que todos los datos superan el nivel de confiabilidad y pueden ser sometidos a procedimientos estadísticos.

4.2.2 Análisis de resultados.

Este análisis se lo hace con los valores de intensidad, cambio y transferencia de color obtenidos en el equipo espectrofotómetro de las ochenta y un muestras de algodón, bambú y acetato de celulosa que han sido sometidas a la tintura con colorantes directos amarillo, azul y rojo de las marcas Seyquiin, Quimicolours y Aromcolor en concentraciones de 3%, 1% y 0,5% para conseguir mayor número de datos donde intervengan distintos parámetros que permitan darle mayor fiabilidad y aceptabilidad a este trabajo de investigación.

Para describir los valores obtenidos se utiliza principalmente la media y el coeficiente de variación expresado en porcentaje. Con estos parámetros se realizará un análisis estadístico, mismo que permite determinar la mayor o menor afinidad de cada color de colorante y en qué grado afectan los parámetros fibra, marca y concentración en la afinidad tintórea.

4.2.2.1 Intensidad de color.

Los valores de intensidad de color son el resultado de la comparación entre las ochenta y un muestras tinturadas con colorantes amarillo, azul y rojo en tejidos de algodón, bambú y acetato de celulosa, donde se tomó como patrón a la muestra de la marca Seyquiin, para cada colorante como se muestra en la tabla 12 de resultados.

4.2.2.1.1 Intensidad de color amarillo, azul y rojo en fibras celulósicas.

De todos los valores de intensidad indicados en la tabla 12; el valor que se utiliza para este análisis comparativo es la MEDIA de las intensidades de las fibras algodón, bambú y acetato de

celulosa tinturadas con colorantes amarillo, azul y rojo de tres casas comerciales a tres concentraciones.

En la tabla 18 se indica las medias obtenidos de los datos de intensidad del colorante amarillo, azul y rojo en las fibras de algodón, bambú y acetato de celulosa.

Tabla 18

Media de intensidad de color amarillo, azul y rojo en fibras celulósicas

INTENSIDAD DE COLOR AMARILLO, AZUL Y ROJO EN FIBRAS CELULÓSICAS (%)			
FIBRA	AMARILLO	AZUL	ROJO
ALGODÓN	100,75	114,18	101,87
BAMBÚ	106,20	158,66	101,64
ACETADO DE CELULOSA	97,89	116,61	104,06

Fuente: (El autor)

En la tabla 18 se puede observar las medias de intensidad de color amarillo, azul y rojo en fibras de algodón, bambú y acetato de celulosa donde se aprecia que los valores de intensidad de mayor a menor en el colorante amarillo van en el siguiente orden bambú, algodón, acetato de celulosa; en el colorante azul van en el orden de bambú, acetato de celulosa, algodón y en el colorante rojo van en el siguiente orden acetato de celulosa, algodón y bambú. Además, se aprecia que las intensidades más altas son en el colorante azul con respecto al colorante amarillo y rojo en cada fibra.

En la figura siguiente se puede visualizar más claramente la relación de intensidad de color amarillo, azul y rojo en relación a cada fibra.

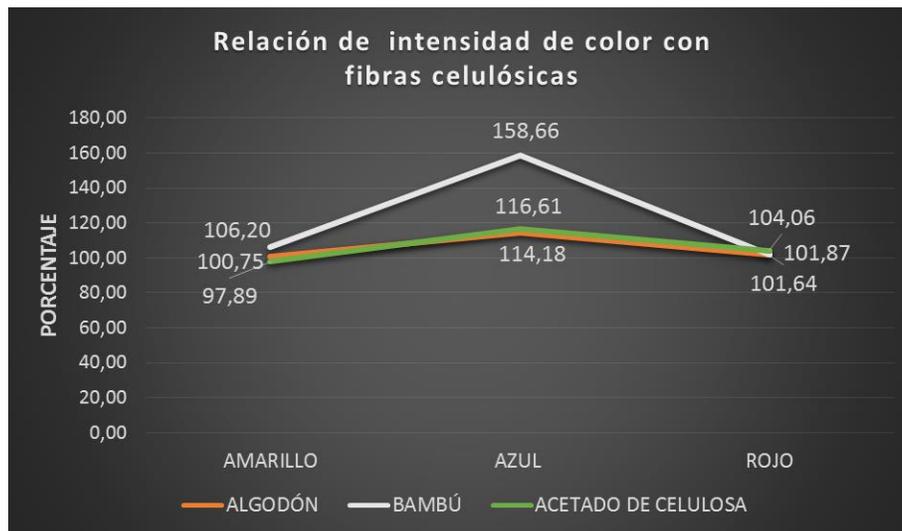


Figura 21. *Tendencia de la media de intensidad de color en función de la fibra del tejido*

En la figura 21 se ve claramente que la intensidad de color de una fibra con respecto a las demás fibras es: en el algodón medio en el colorante amarillo y menor en el colorante azul y rojo, mientras que la intensidad de la fibra de bambú es mayor en los tres colorantes y por último, la fibra de acetato de celulosa es menor en el colorante amarillo y media en el colorante azul y rojo. Además se observa que las intensidades de las tres fibras son similares en los colorantes amarillo y rojo, mientras que las intensidades del colorante azul son únicamente similares en las fibras de algodón y acetato de celulosa ya que la fibra bambú si varía su valor.

4.2.2.1.2 *Intensidad de color amarillo, azul y rojo en relación a las marcas.*

De todos los valores de intensidad indicados en la tabla 12; el valor que se utiliza para este análisis comparativo es la MEDIA de las intensidades de los colorantes amarillo, azul y rojo de las marcas Seyquín, Quimicolours y Aromcolor, donde están incluidos los tres tejidos de fibras celulósicas y las tres concentraciones de colorantes.

En la tabla 19 se indica las medias obtenidos de los datos de intensidad del colorante amarillo, azul y rojo de cada marca Seyquiin, Quimicolours, Aromcolor.

Tabla 19
Media de intensidad de color en relación a la marca

INTENSIDAD DE COLOR AMARILLO, AZUL Y ROJO DE MARCAS COMERCIALES (%)			
MARCA	AMARILLO	AZUL	ROJO
SEYQUIIN	100,00	100,00	100,00
QUIMICOLOURS	113,34	147,92	106,04
AROMCOLOR	91,50	141,53	101,52

Fuente: (El autor)

En la tabla 19 se puede observar las medias de intensidad de color amarillo, azul y rojo para cada marca, donde se aprecia que los valores de intensidad de mayor a menor en el colorante amarillo van en el orden de Quimicolours, Seyquiin y Aromcolor; mientras que los valores de intensidad del colorante azul y rojo van en el orden de Quimicolours, Aromcolor y Seyquiin, donde se aprecia que los valores de intensidad del colorante azul y rojo tienen una relación directa de sus valores con respecto a las marcas.

En la figura siguiente se puede visualizar más claramente la relación de intensidad de color amarillo, azul y rojo en relación a cada marca.

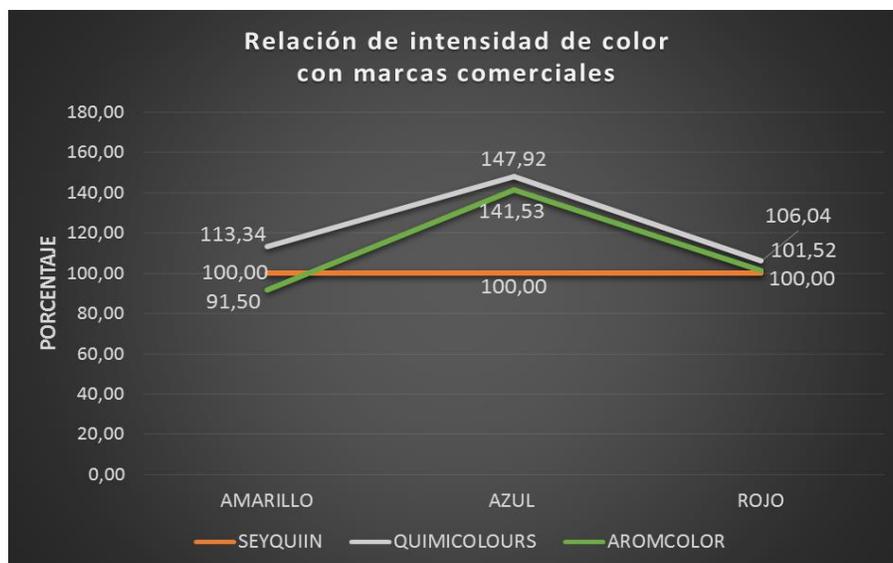


Figura 22. Tendencia de la media de intensidad de color en función de la marca del colorante

En la figura 22 se ve claramente que la intensidad de color de una marca con respecto a las demás marcas es: en Seyquiin media en el colorante amarillo y menor en el colorante azul y rojo, mientras que la intensidad de Quimicolours es mayor en los tres colorantes y por último la intensidad de Aromcolor es menor en el colorante amarillo y media en el colorante azul y rojo. Además se observa que las intensidades de las tres fibras similares en el colorante rojo.

4.2.2.1.3 Intensidad de color amarillo, azul y rojo en relación a las concentraciones.

De todos los valores de intensidad indicados en la tabla 12; el valor que se utiliza para este análisis comparativo es la MEDIA de las intensidades de los colorantes amarillo, azul y rojo en las concentraciones 3%, 1%, 0,5%, donde están incluidos los tres tejidos de fibras celulósicas y las tres marcas de colorantes

En la tabla 20 se indica las medias obtenidas de los datos de intensidad de los colorantes amarillo, azul y rojo en cada concentración 3%, 1%, 0,5%.

Tabla 20

Media de intensidad de color en relación a la concentración

INTENSIDAD DE COLOR AMARILLO, AZUL Y ROJO EN			
CONCENTRACIONES DE COLORANTE (%)			
CONCENTRACIÓN	AMARILLO	AZUL	ROJO
3%	106,52	114,99	91,14
1%	97,43	131,82	111,11
0,50%	100,89	142,65	105,31

Fuente: (El autor)

En la tabla 20 se puede observar las medias de intensidad de color amarillo, azul y rojo para cada concentración donde se aprecia que los valores de intensidad en el colorante amarillo ordenados de mayor a menor van en el siguiente orden 3%, 0,5% y 1% ; en el colorante azul en el orden de 0,5%, 1% y 3%, mientras que en el colorante rojo van en orden 1%, 0,5% y 3%, por lo tanto, se señala que la intensidad más alta en el colorante amarillo es en la concentración de 3%, a diferencia de los colorantes azul y rojo donde las intensidades en la concentración 3% son las más bajas. Además se puede apreciar que las intensidades en el colorante azul tienen una relación indirecta con las concentraciones de colorantes, es decir a mayor concentración hay menor intensidad, sin embargo las intensidades del colorante amarillo y rojo no presentan relación directa ni indirecta con las concentraciones.

En la figura siguiente se puede visualizar más claramente la relación de intensidad de color amarillo, azul y rojo en relación a cada fibra.

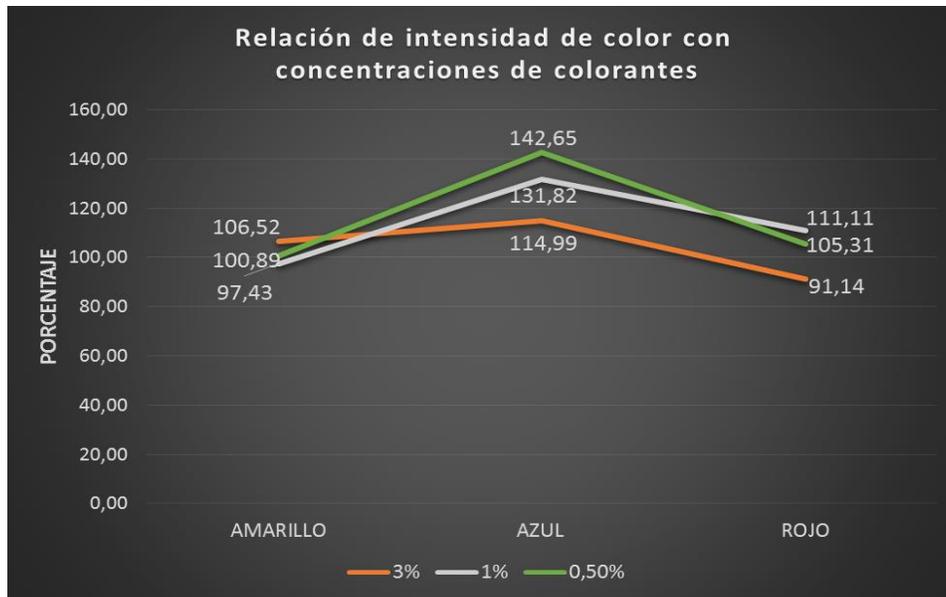


Figura 23. Tendencia de la media de intensidad de color en función de la concentración del colorante

En la figura 23 se ve claramente que la intensidad de color de una concentración con respecto a las demás concentraciones es: en la concentración 3% mayor en el colorante amarillo y menor en el colorante azul y rojo; mientras que la concentración 1% es menor en el colorante amarillo, media en el colorante azul y mayor en el colorante rojo; y la concentración 0,5% es media en el colorante amarillo, rojo y mayor en el colorante azul. Además se puede observar que las intensidades en el colorante amarillo tienen una relación indirectamente proporcional con las intensidades del colorante rojo.

4.2.2.2 Degradación de color.

Los valores de degradación de color son el resultado de la comparación mediante la escala de grises de las ochenta y un muestras principales con las muestras sometidas a la prueba de solidez al lavado donde se obtuvo el cambio de color con valores de 1 a 5 como se muestra en la tabla 13

4.2.2.2.1 Degradación de color amarillo, azul y rojo en fibras celulósicas.

De todos los valores de degradación indicados en la tabla 13 el valor que se utiliza para este análisis comparativo es la MEDIA, con este se realizará la comparación de los degradados de color de las fibras algodón, bambú y acetato de celulosas tinturadas con colorantes amarillo, azul y rojo de tres casas comerciales a tres concentraciones.

En la tabla 21 se indica las medias obtenidos de los datos de degradación de color amarillo, azul y rojo en fibras de algodón, bambú y acetato de celulosa; estos valores van de 1 a 5 grados según la escala de grises, donde se indica que a mayor valor existe menor degradación de color.

Tabla 21

Media de degradación de color amarillo, azul y rojo en fibras celulósicas

DEGRADACIÓN DE COLOR AMARILLO, AZUL Y ROJO EN FIBRAS CELULÓSICAS (grados)			
FIBRA	AMARILLO	AZUL	ROJO
ALGODÓN	3,39	2,67	3,33
BAMBÚ	3,61	3,28	3,94
ACETADO DE CELULOSA	3,39	3,06	3,39

Fuente: (El autor)

En la tabla 21 se puede observar las medias de degradación de color amarillo, azul y rojo para cada fibra, donde se aprecia que la degradación en los tres colorantes van de mayor a menor en el siguiente orden algodón, acetato de celulosa y bambú, aclarando que en el colorante amarillo los valores de algodón y acetato de celulosa coinciden pero el bambú sigue teniendo menor degradación. Además, se aprecia que las menores degradaciones de color son en la fibra de bambú en comparación a las otras fibras en cada colorante y por colorante existe mayor degradación del colorante azul con respecto a los demás colorantes en cada fibra.

En la figura siguiente se puede visualizar más claramente la relación de degradación de color amarillo, azul y rojo en relación a cada fibra.

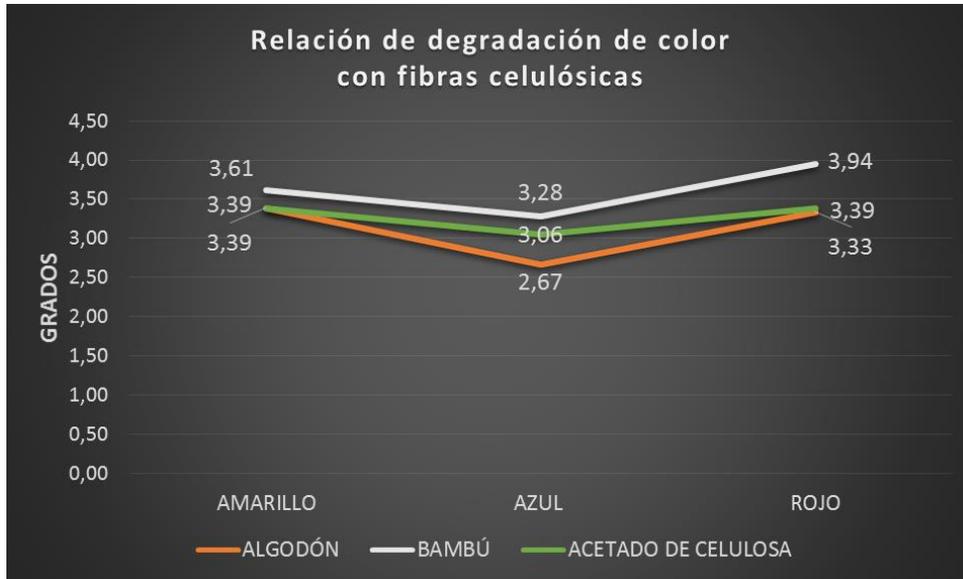


Figura 24. Tendencia de la media de degradación de color en función de la fibra del tejido

En la figura 24 se ve claramente existe relación de mayor, media y menor degradación de color de las fibras algodón, acetato de celulosa en los tres colorantes, aclarando que la degradación del algodón y acetato en el colorante amarillo la misma. Además se aprecia que las degradaciones del colorante azul son mayores que las degradaciones del colorante rojo y amarillo en las tres fibras, y también se observa que las degradaciones de color de las fibras de algodón y acetato de celulosa son similares en el colorante rojo.

4.2.2.2.2 Degradación de color amarillo, azul y rojo en relación a las marcas.

De todos los valores de degradación indicados en la tabla 13 el valor que se utiliza para este análisis comparativo es la MEDIA, con este se realizará la comparación de los degradados de los colorantes amarillo, azul y rojo de las marcas Seyquini, Quimicolours y Aromcolor, donde están incluidos los tres tejidos de fibras celulósicas y las tres concentraciones de colorantes.

En la tabla 22 se indica las medias obtenidos de los datos de degradación de color amarillo, azul y rojo de la marca Seyquiin, Quimicolours y Aromcolor; estos valores van de 1 a 5 grados según la escala de grises, donde se indica que a mayor valor existe menor degradación de color.

Tabla 22
Media de degradación de color en relación a la marca

DEGRADACIÓN DE COLOR AMARILLO, AZUL Y ROJO DE MARCAS COMERCIALES (grados)			
FIBRA	AMARILLO	AZUL	ROJO
SEYQUIIN	3,72	3,00	3,28
QUIMICOLOURS	3,39	3,17	3,44
AROMCOLOR	3,28	2,83	3,94

Fuente: (El autor)

En la tabla 22 se puede observar las medias de intensidad de color amarillo, azul y rojo para cada marca, donde se observa que las degradaciones del colorante amarillo van de mayor a menor en el siguiente orden Aromcolor, Quimicolours y Seyquiin, mientras que en el colorante azul van en el orden de Aromcolor, Seyquiin, Quimicolours y en el colorante rojo van en el orden de Seyquiin, Quimicolours y Aromcolor. Además se aprecia que en el colorante amarillo existe menor degradación en la marca Seyquiin que a diferencia del colorante azul y rojo donde las degradaciones de la misma marca son las más altas.

En la figura siguiente se puede visualizar más claramente la relación de degradación de color amarillo, azul y rojo en relación a cada marca.

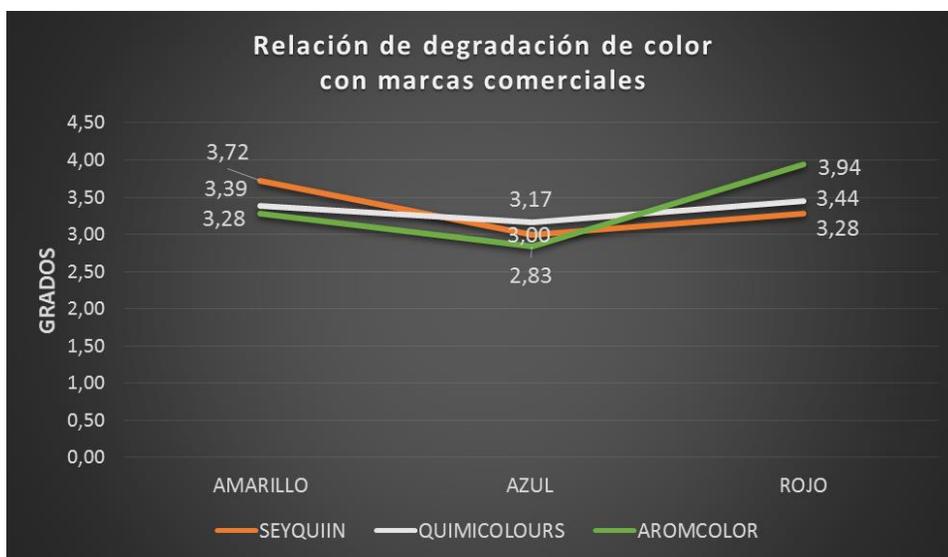


Figura 25. Tendencia de la media de degradación de color en función de la marca del colorante

En la figura 25 se ve claramente que el degradado de color en la marca Seyquiin con respecto a las demás marcas es: la de Seyquiin menor en el colorante amarillo, medio en el colorante azul y mayor en el colorante rojo; la degradación en Quimicolours es media en el colorante amarillo, rojo y menor en el colorante azul, por último, la degradación en Aromcolor es mayor en el colorante amarillo, azul y menor en el colorante rojo. Además se puede observar que las degradaciones del colorante amarillo tienen una relación indirectamente proporcional con las degradaciones del colorante rojo con respecto a las marcas.

4.2.2.2.3 Degradación de color amarillo, azul y rojo en relación a las concentraciones.

De todos los valores de degradación indicados en la tabla 13 el valor que se utiliza para este análisis comparativo es la MEDIA de la degradación de los colorantes amarillo, azul y rojo en las concentraciones 3%, 1%, 0,5%, donde están incluidos los tres tejidos de fibras celulósicas y las tres marcas de colorantes

En la tabla 23 se indica las medias obtenidos de los datos de degradación de color amarillo, azul y rojo en concentraciones 3%, 1% y 0,5%; estos valores van de 1 a 5 grados según la escala de grises, donde se indica que a mayor valor existe menor degradación de color.

Tabla 23

Media de degradación de color en relación a la concentración

DEGRADACIÓN DE COLOR AMARILLO, AZUL Y ROJO EN CONCENTRACIONES DE COLORANTE (grados)			
CONCENTRACIÓN	AMARILLO	AZUL	ROJO
3%	3,28	2,28	3,11
1%	3,78	3,50	3,83
0,50%	3,33	3,22	3,72

Fuente: (El autor)

En la tabla 23 se puede observar las medias de degradación de color amarillo, azul y rojo para cada concentración, donde se aprecia que las degradaciones no tienen relación directa ni indirecta con las concentraciones, ya que se observa que las degradaciones en los colorantes amarillo, azul y rojo van de mayor a menor en el siguiente orden de concentración 3%, 0,5% y 1%.

En la figura siguiente se puede visualizar más claramente la relación de degradación de color amarillo, azul y rojo en relación a cada concentración.

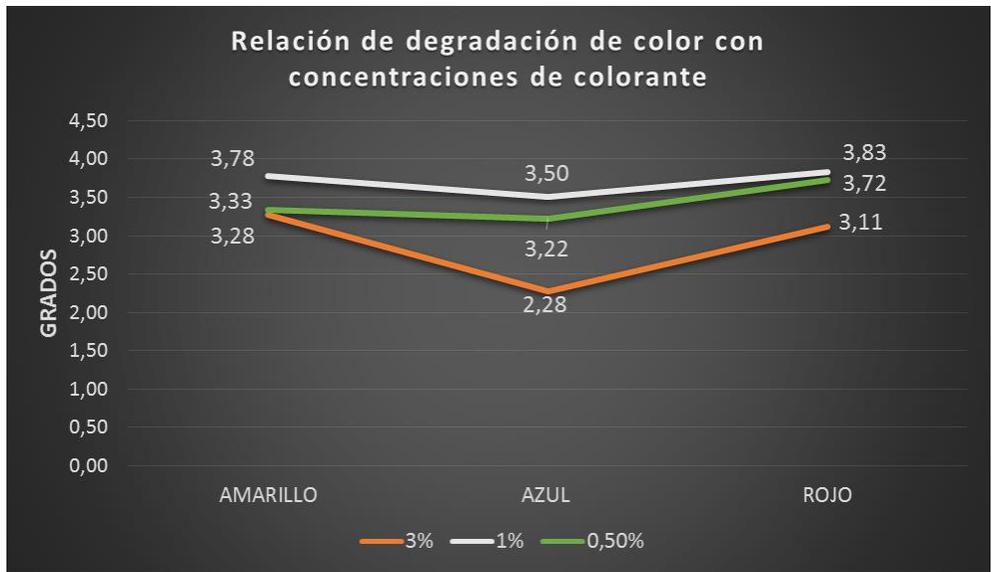


Figura 26. Tendencia de la media de degradación de color en función de la concentración del colorante

En la figura 26 se ve claramente que existe relación de mayor, media y menor degradación de color en el siguiente orden de las concentraciones 3%, 0,5% % y 1% en los tres colorantes. Además se observa que en colorante amarillo las degradaciones en las concentraciones 3% y 0,5% son similares, mientras que en el colorante rojo las degradaciones son similares en las concentraciones 1% y 0,5%, también se aprecia que en el colorante azul hay mayor degradación en comparación al colorante amarillo y rojo de cada concentración.

4.2.2.3 Transferencia de color.

Los valores de transferencia de color son el resultado de la comparación mediante la escala de grises de la muestra principal con cada una de las fibras de la multifibra después de la prueba de solidez al lavado, donde se obtuvo la transmisión de color con valores de 1 a 5 como se muestra en la tabla 14 de resultados.

4.2.2.3.1 Transferencia de color amarillo, azul y rojo en fibras celulósicas.

De todos los valores de transferencia indicados en la tabla 14, el valor que se utiliza para este análisis comparativo es la MEDIA de las transferencias de las fibras algodón, bambú y acetato de celulosa tinturadas con colorantes amarillo, azul y rojo de tres casas comerciales a tres concentraciones.

En la tabla 24 se indica las medias obtenidos de los datos de transferencia de color amarillo, azul y rojo en tejidos de fibras de algodón, bambú y acetato de celulosa; estos valores van de 1 a 5 según la escala de grises, donde se indica que a mayor valor existe menor transferencia de color.

Tabla 24
Media de transferencia de color en relación a la fibra

TRANSFERENCIA DE COLOR AMARILLO, AZUL Y ROJO EN FIBRAS CELULÓSICAS (grados)			
FIBRA	AMARILLO	AZUL	ROJO
ALGODÓN	4,10	3,81	3,99
BAMBÚ	3,45	3,61	3,86
ACETATO DE CELULOSA	4,08	3,91	3,98

Fuente: (El autor)

En la tabla 24 se puede observar las medias de transferencia de color amarillo, azul y rojo para cada fibra, donde se aprecia que las transferencias del colorante amarillo y rojo van de mayor a menor en el siguiente orden bambú, acetato de celulosa y algodón, mientras que la transferencia del colorante azul van en el siguiente orden bambú, algodón y acetato de celulosa. Además se aprecia que existe mayor transferencia de color en la fibra de bambú con respecto a las demás fibras en cada colorante.

En la figura siguiente se puede visualizar más claramente la relación de transferencia de color amarillo, azul y rojo en relación a cada fibra.

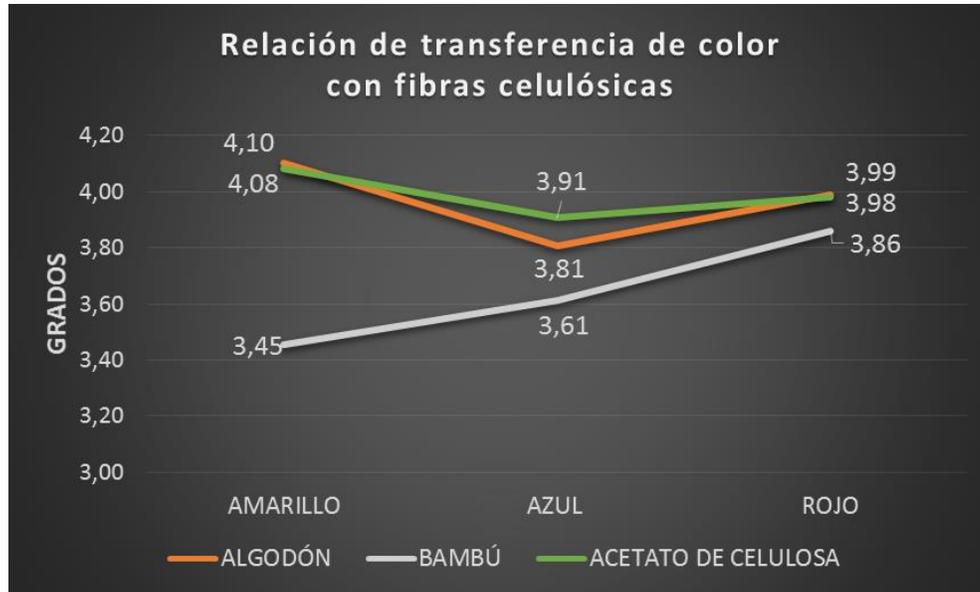


Figura 27. Tendencia de la media de transferencia de color en función de la fibra del tejido

En la figura 27 se ve claramente que la transferencia de color de una fibra con respecto a las demás fibras es: el algodón menor en el colorante amarillo, rojo y media en el colorante azul, mientras que la transferencia de la fibra de bambú es mayor en los tres colorantes, por último, la transferencia de la fibra de acetato es media en el colorante amarillo, rojo y menor en el colorante azul. Además, se observa que las transferencias de la fibra de algodón y acetato de celulosa en el colorante amarillo y rojo son similares, a diferencia de la transferencia de la fibra de bambú que varía más sus valores en relación a los de las otras fibras y más en el colorante amarillo.

4.2.2.3.2 Transferencia de colorantes amarillo, azul y rojo en relación a la marcas.

De todos los valores de transferencia indicados en la tabla 14, el valor que se utiliza para este análisis comparativo es la MEDIA, con este se realizará la comparación de las transferencias de

los colorantes amarillo, azul y rojo de las marcas Seyquiin, Quimicolours y Aromcolor, donde están incluidos los tres tejidos de fibras celulósicas y las tres concentraciones de colorantes.

En la tabla 25 se indica las medias obtenidos de los datos de transferencia de color amarillo, azul y rojo de las marcas Seyquiin, Quimicolours y Aromcolor; estos valores van de 1 a 5 grados según la escala de grises, donde se indica que a mayor valor existe menor transferencia de color.

Tabla 25
Media de transferencia de color en relación a la marca

TRANSFERENCIA DE COLOR AMARILLO, AZUL Y ROJO DE MARCAS COMERCIALES (grados)			
MARCA	AMARILLO	AZUL	ROJO
SEYQUIIN	4,04	3,76	3,81
QUIMICOLOURS	3,94	3,76	4,00
AROMCOLOR	3,66	3,81	4,02

Fuente: (El autor)

En la tabla 25 se puede observar las medias de transferencia de color amarillo, azul y rojo para cada marca de colorante, donde se aprecia que las transferencias del colorante amarillo van de mayor a menor en el siguiente orden Aromcolor, Quimicolours y Seyquiin; en el colorante azul van en el orden de Seyquiin, Quimicolours que presentan la misma transferencia y Aromcolor, mientras que en el colorante rojo van en el siguiente orden Seyquiin, Quimicolours y Aromcolor

En la figura siguiente se puede visualizar más claramente la relación de transferencia de color amarillo, azul y rojo en relación a cada marca.

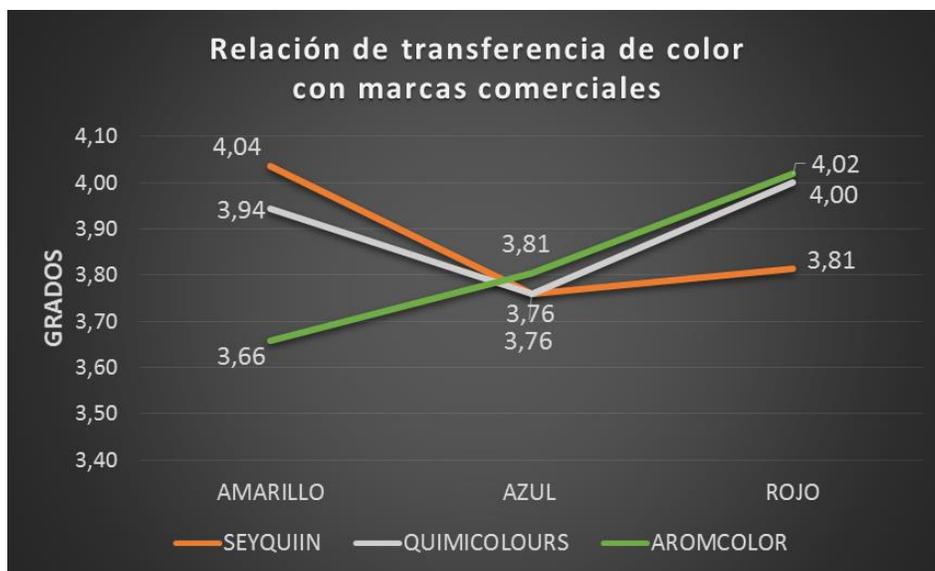


Figura 28. Tendencia de la media de transferencia de color en función de la marca del colorante

En la figura 28 se ve claramente que la transferencia de color de una marca con respecto a las demás marcas es: en Seyquiin menor en el colorante amarillo, mayor e igual que la marca Quimicolours en el colorante azul y mayor en el colorante rojo, mientras que la transferencia de la marca Quimicolours es media en el colorante amarillo, rojo y mayor e igual que la marca Seyquiin en el colorante azul como ya se había mencionado, por último la transferencia de la marca Aromcolor es mayor en el colorante amarillo y menor en el colorante azul y rojo. Además se observa que en el colorante amarillo las transferencias de la marca Seyquiin y Quimicolours son similares, mientras que la transferencia de la marca Aromcolor varía más su valor; a diferencia de lo antes mencionado en el colorante rojo las transferencias que son similares son las de Quimicolours y Aromcolor y la que varía es la transferencia de Seyquiin.

4.2.2.3.3 Transferencia de color amarillo, azul y rojo en relación a las concentraciones.

De todos los valores de transferencia indicados en la tabla 14; el valor que se utiliza para este análisis comparativo es la MEDIA de la transferencia de los colorantes amarillo, azul y rojo en las

concentraciones 3%, 1%, 0,5%, donde están incluidos los tres tejidos de fibras celulósicas y las tres marcas de colorantes

En la tabla 26 se indica las medias obtenidos de los datos de transferencia de color amarillo, azul y rojo en concentraciones 3%, 1% y 0,5%; estos valores van de 1 a 5 grados según la escala de grises, donde se indica que a mayor valor existe menor transferencia de color.

Tabla 26
Media de transferencia de color en relación a la concentración

TRANSFERENCIA DE COLOR AMARILLO, AZUL Y ROJO EN CONCENTRACIONES DE COLORANTE (grados)			
CONCENTRACIÓN	AMARILLO	AZUL	ROJO
3%	3,08	2,92	3,42
1%	4,33	4,15	4,20
0,5%	4,22	4,26	4,21

Fuente: (El autor)

En la tabla 26 se puede observar las medias de transferencia de color amarillo, azul y rojo para cada concentración, , donde se aprecia que las transferencia en el colorante amarillo no tienen una relación directa ni indirecta con la concentración ya que van de mayor a menor en el siguiente orden 3; 0,5% y 1%; mientras que en las transferencias de los colorantes azul y rojo si hay una relación indirecta con las concentraciones ya que las transferencias ordenadas de mayor a menor van en de la siguiente manera 3%, 1% y 0,5%. Además se aprecia que las mayores transferencias de color se presentan en la concentración 3% en comparación a las demás concentraciones en cada colorante.

En la figura siguiente se puede visualizar más claramente la relación de transferencia de color amarillo, azul y rojo en relación a cada concentración de colorante.

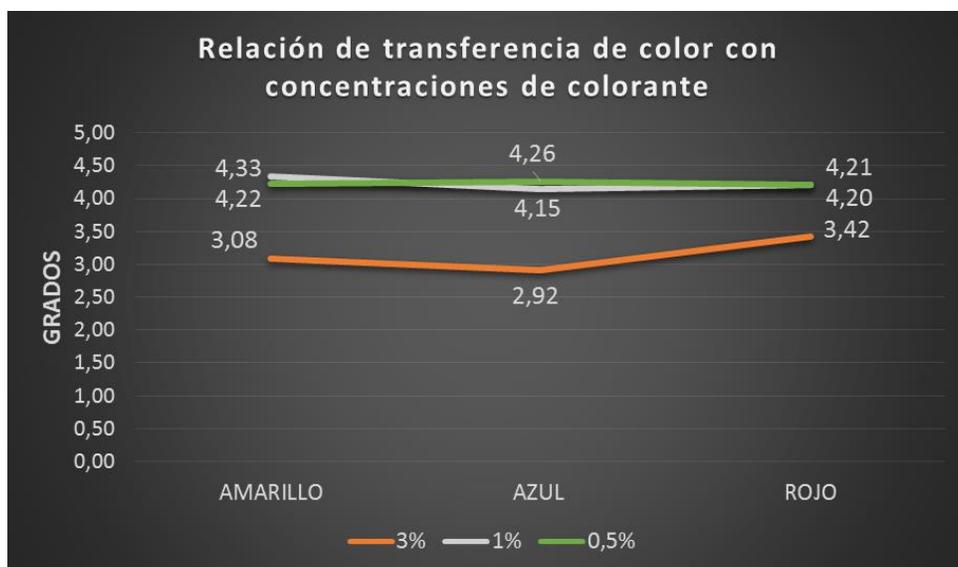


Figura 29. Tendencia de la media de transferencia de color en función de la concentración de color

En la figura 27 se ve claramente que la transferencia de color de una concentración con respecto a las demás concentraciones es: en la concentración 3% mayor en los tres colorantes, mientras que la transferencia de la concentración 1% es menor en el colorante amarillo y media en el colorante azul y rojo, por último, la transferencia de la concentración 0,5% es media en el colorante amarillo y menor en el colorante azul y rojo. Además se observa que las transferencias en las concentraciones de 1% y 0,5% son similares en los tres colorantes, a diferencia de la transferencia en la concentración 3% que varía más sus valores en relación a los de las otras concentraciones en los tres colorantes.

4.2.2.4 *Influencia de fibra, marca y concentración en intensidad, degradación y transferencia de color.*

Para determinar cuál de los parámetros fibra, marca y concentración influyen en mayor grado en la afinidad tintórea que está expresada en intensidad, degradación y transferencia de color se utilizó el coeficiente de variación.

4.2.2.4.1 *Coefficiente de variación de intensidad de color amarillo, azul y rojo en relación a la fibra, marca y concentración.*

Para este análisis se detalla los coeficientes de variación de los valores de intensidad agrupados por fibra: algodón, bambú y acetato de celulosa; marca: Seyquin, Quimicolours y Aromcolor; concentración de colorante 3%,1% y 0,5%, posteriormente se obtuvo el coeficiente de variación promedio de intensidad por color y por parámetro para conocer que parámetro presenta mayor influencia en cada colorante.

En la tabla 27 se indica el coeficiente de variación de los valores de intensidad del colorante amarillo, azul y rojo en relación a los parámetros fibra, marca y concentración.

Tabla 27
Coefficientes de variación de intensidad de color

COEFICIENTE DE VARIACIÓN DE INTENSIDAD DE COLOR				
		AMARILLO	AZUL	ROJO
FIBRA	Algodón	6,65	12,53	16,42
	Bambú	22,55	36,22	11,74
	Acetato	10,37	11,81	13,94
COEFF. VARIACIÓN PROMEDIO		13,19	20,19	14,03
MARCA	Seyquin	0,00	0,00	0,00
	Quimicolours	10,61	49,47	8,72
	Aromcolor	19,39	33,68	23,20
COEFF. VARIACIÓN PROMEDIO		10,00	27,72	10,64
CONCENTRACIÓN	3%	17,65	13,81	15,10
	1%	13,62	27,69	10,04
	0,50%	13,46	38,93	8,78
COEFF. VARIACIÓN PROMEDIO		14,91	26,81	11,30

Fuente: (El autor)

En la tabla 27 se puede observar los coeficientes de variación promedio de intensidad en cada colorante y en cada parámetro donde se aprecia que en el colorante amarillo van de mayor a menor en el siguiente orden concentración, fibra, marca; en el colorante azul van en el siguiente orden marca, concentración, fibra y en el colorante rojo en orden de fibra, concentración, marca; es decir los coeficientes de variación de los colorantes no presentan relación directa ni indirecta con respecto a los parámetros.

También se logra apreciar que los coeficientes de variación de la marca Seyquiin son cero debido a que estas muestras fueron tomadas como estándar con un valor de 100% para la comparación de intensidad de color de las demás muestras.

En la figura siguiente se puede apreciar la tendencia de los coeficientes de variación de intensidad de color en cada parámetro.

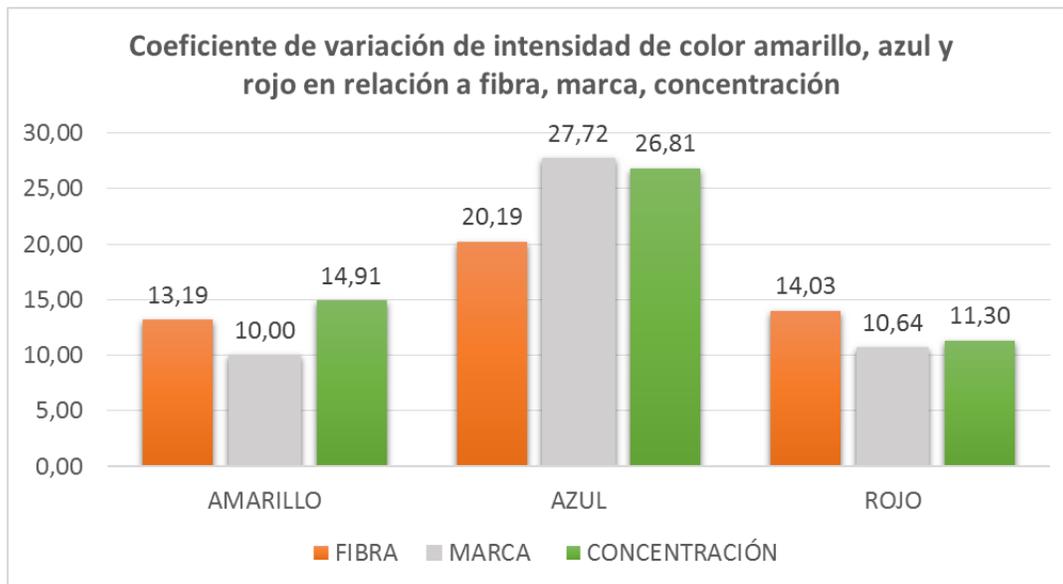


Figura 30. Tendencia del coeficiente de variación de intensidad de color en relación a los parámetros

En la figura 30 se ve claramente que en el colorante amarillo el parámetro que más influye en la intensidad es la concentración, en el colorante azul el que más influye es la marca y en el rojo el

que más influye es la fibra, es decir que entre los colorantes amarillo, azul y rojo no hay relación directa ni indirecta con respecto a cada parámetro.

4.2.2.4.2 *Coefficiente de variación de degradación de color amarillo, azul y rojo en relación a la fibra, marca y concentración.*

Para este análisis se calcula los coeficientes de variación de los valores de degradación agrupados por fibra: algodón, bambú y acetato de celulosa; marca: Seyquiin, Quimicolours y Aromcolor; concentración de colorante 3%,1%, 0,5%, posteriormente se obtuvo el coeficiente de variación promedio de degradación por color y por parámetro para conocer que parámetro presenta mayor influencia en cada colorante.

En la tabla 28 se indica el coeficiente de variación de los valores de degradación del colorante amarillo, azul y rojo en relación a los parámetros fibra, marca y concentración.

Tabla 28
Coefficientes de variación de degradación de color

COEFICIENTE DE VARIACIÓN DE DEGRADACIÓN DE COLOR				
		AMARILLO	AZUL	ROJO
FIBRA	Algodón	26,37	35,08	29,05
	Bambú	21,65	21,72	16,09
	Acetato	19,21	36,08	25,32
COEFF. VARIACIÓN PROMEDIO		22,41	30,96	23,48
MARCA	Seyquiin	20,27	36,32	28,65
	Quimicolours	23,07	28,46	23,46
	Aromcolor	23,02	30,57	18,42
COEFF. VARIACIÓN PROMEDIO		22,12	31,78	23,51
CONCENTRACIÓN	3%	31,55	41,23	27,58
	1%	17,65	25,75	20,62

	0,50%	12,99	13,68	21,36
COEFF. VARIACIÓN PROMEDIO		20,73	26,89	23,19

Fuente: (El autor)

En la tabla 28 se puede observar los coeficientes de variación promedio de degradación en cada colorante y en cada parámetro donde se aprecia que en el colorante amarillo van en el siguiente orden fibra, marca, concentración, mientras que en el colorante azul y rojo van en el siguiente orden marca, fibra, concentración, es decir los coeficientes de los colorantes azul y rojo presentan una relación con respecto a los parámetros en el orden mencionado.

En la figura siguiente se puede apreciar la tendencia de los coeficientes de variación de degradación de color en cada parámetro.

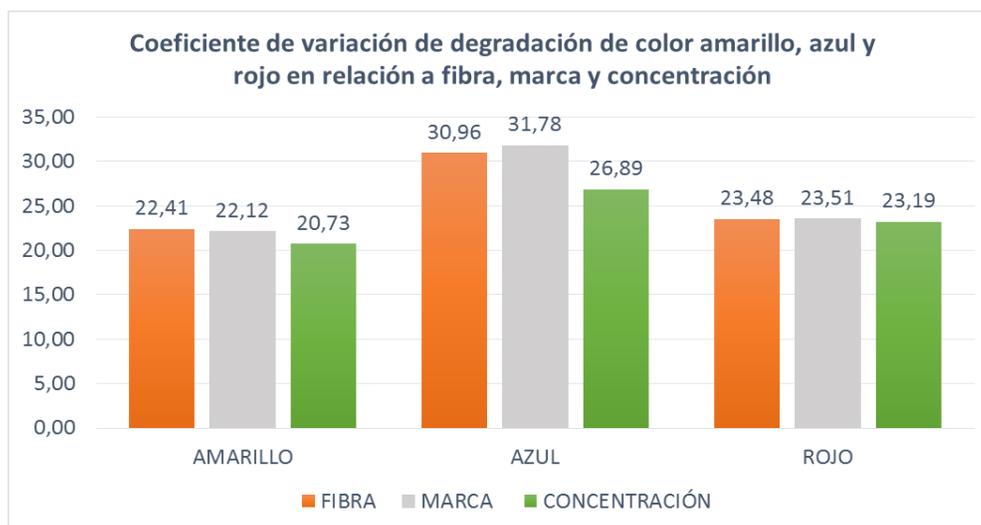


Figura 31. Tendencia del coeficiente de variación de degradación de color en relación a los parámetros

En la figura 31 se ve claramente que en el colorante amarillo el parámetro que más influye en la degradación de color es la fibra, mientras que en el colorante azul y rojo el que más influye es la marca,

4.2.2.4.3 *Coefficiente de variación de transferencia de color amarillo, azul y rojo en relación a la fibra, marca y concentración.*

Para este análisis se calcula los coeficientes de variación de los valores de transferencia agrupados por fibra: algodón, bambú y acetato de celulosa; marca: Seyquiin, Quimicolours y Aromcolor; concentración de colorante 3%,1%, 0,5%, posteriormente se obtuvo el coeficiente de variación promedio de transferencia por color y por parámetro para conocer que parámetro presenta mayor influencia en cada colorante.

En la tabla 29 se indica el coeficiente de variación medio de los valores de transferencia del colorante amarillo, azul y rojo en relación a los parámetros fibra, marca y concentración.

Tabla 29
Media de los coeficientes de variación de transferencia de color

COEFICIENTE DE VARIACIÓN DE TRANSFERENCIA DE COLOR		AMARILLO	AZUL	ROJO
FIBRA	Algodón	25,65	31,20	26,47
	Bambú	31,85	33,88	27,72
	Acetato	24,92	29,42	25,35
COEFF. VARIACIÓN PROMEDIO		27,47	31,50	26,51
MARCA	Seyquiin	25,45	31,30	29,15
	Quimicolours	28,04	32,14	26,38
	Aromcolor	30,84	31,41	24,17
COEFF. VARIACIÓN PROMEDIO		28,11	31,61	26,57
CONCENTRACIÓN	3%	39,82	43,26	36,64
	1%	15,20	22,41	20,86
	0,50%	20,01	19,45	18,67
COEFF. VARIACIÓN PROMEDIO		25,01	28,37	25,39

Fuente: (El autor)

En la tabla 29 se puede observar los coeficientes de variación promedio de transferencia en cada colorante y en cada parámetro donde se aprecia que en el colorante amarillo, azul y rojo van en el siguiente orden marca, fibra y concentración, es decir los coeficientes de variación de los tres colorantes presentan una relación con respecto a los parámetros en el orden mencionado.

En la figura siguiente se puede apreciar la tendencia de los coeficientes de variación de transferencia de color en cada parámetro.

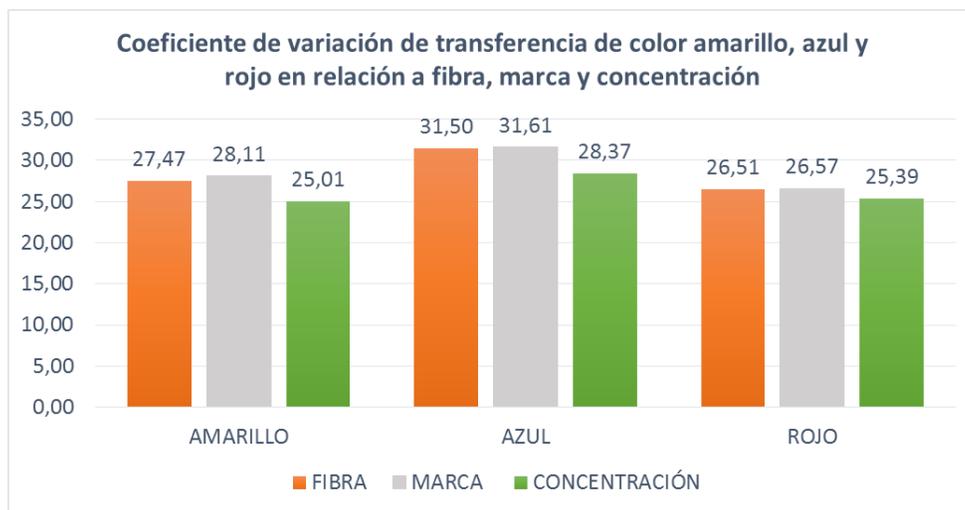


Figura 32. Tendencia del coeficiente de variación de transferencia de color en relación a los parámetros

En la figura 32 se ve claramente que en el colorante amarillo, azul y rojo el parámetro que más influye en la transferencia de color es la marca, también se observa que los coeficientes de variación de los tres colorantes tienen una relación de mayor a menor con respecto a los parámetros en el siguiente orden marca, fibra y concentración.

4.2.2.5 *Media total de intensidad, degradación y transferencia de color en marcas, fibras y concentraciones.*

Para la comparación de afinidad tintórea entre marcas, fibras y concentraciones se realizó una media total de intensidad, degradación y transferencia de color como se detalla en lo siguiente:

4.2.2.5.1 Intensidad de color en relación a las marcas, fibras y concentraciones.

Para este análisis de comparación entre marcas, fibras y concentraciones se detalla los promedios totales de intensidad de color agrupados por marcas: Seyquiin, Quimicolours y Aromcolor; fibras: algodón, bambú y acetato de celulosa; concentraciones de colorante 3%,1% y 0,5%.

En la tabla 30 se indica los promedios totales de intensidad de color en marcas, fibras y concentraciones:

Tabla 30

Media total de intensidad de color en relación a las marcas, fibras y concentraciones

INTENSIDAD DE COLOR (%) EN RELACIÓN A LAS MARCAS, FIBRAS Y CONCENTRACIONES		
MARCA		
SEYQUIN	QUIMICOLOURS	AROMCOLOR
100,00	122,44	111,52
FIBRA		
ALGODÓN	BAMBU	ACETATO
105,60	122,17	106,19
CONCENTRACIÓN		
3%	1%	0,5%
104,22	113,45	116,28

Fuente: (El autor)

En la tabla 30 se puede observar las medias de intensidad de color por marcas, fibras y concentraciones donde se aprecia que la intensidad de color en las marcas va de mayor a menor en el siguiente orden Quimicolours, Aromcolor, Seyquiin, en las fibras en el orden de bambú, acetato de celulosa, algodón y en las concentraciones en el orden de 0,5%, 1% y 3%,

En la figura siguiente se puede visualizar más claramente las medias de intensidad de color con respecto a las marcas, fibras y concentraciones.

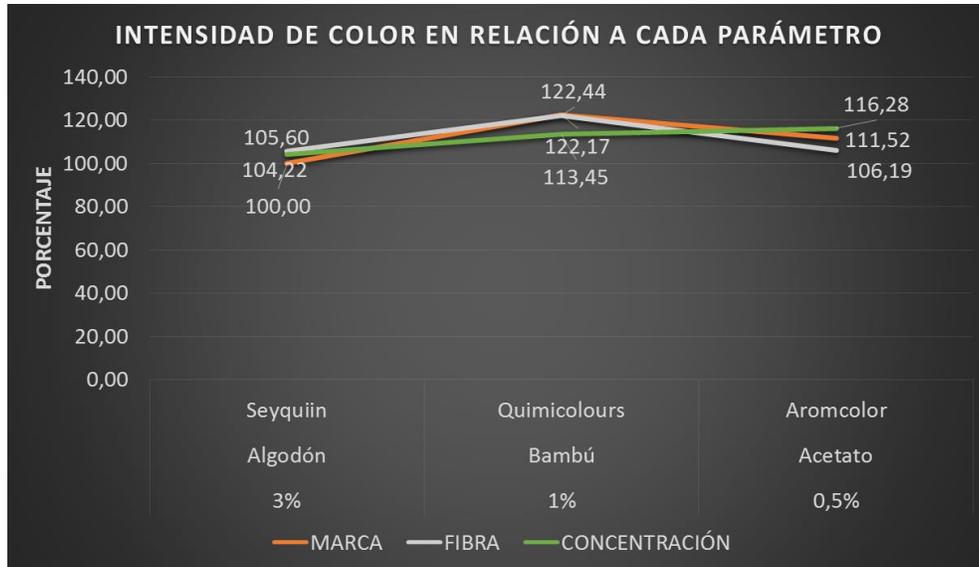


Figura 33. Intensidad de color en relación a las fibras, marcas y concentraciones.

En la figura 33 se ve claramente que las medias totales de intensidad de color en relación a las marcas la que presenta mayor intensidad es Quimicolours; en relación a la fibra la que presenta mayor intensidad es bambú y con respecto a las concentraciones la que presenta mayor intensidad es 0,5%.

4.2.2.5.2 Degradación de color en relación a las fibras, marcas y concentraciones.

Para este análisis de comparación entre fibras, marcas y concentraciones se detalla los promedios totales de degradación de color agrupados por marcas: Seyquiin, Quimicolours y Aromcolor; fibras: algodón, bambú y acetato de celulosa; concentraciones de colorante 3%, 1% y 0,5%.

En la tabla 31 se indica los promedios totales de degradación de color en marcas, fibras y concentraciones:

Tabla 31

Media total de degradación de color en relación a las marcas, fibras y concentraciones

DEGRADACIÓN DE COLOR EN RELACIÓN A LAS		
MARCAS, FIBRAS Y CONCENTRACIONES		
MARCA		
SEYQUIIN	QUIMICOLOURS	AROMCOLOR
3,33	3,33	3,35
FIBRA		
ALGODÓN	BAMBU	ACETATO
3,13	3,61	3,28
CONCENTRACIÓN		
3%	1%	0,5%
2,89	3,70	3,43

Fuente: (El autor)

En la tabla 31 se puede observar las medias de degradación de color por marcas, fibras y concentraciones donde se aprecia que la degradaciones de color en las marcas va de mayor a menor en el siguiente orden Seyquiin, Quimicolours se degradan igual y luego va Aromcolor; en las fibras en el siguiente orden algodón, acetato de celulosa, bambú y en las concentraciones en el orden de 3%, 0,5 % y 1%.

En la figura siguiente se puede visualizar más claramente las medias de degradación de color con respecto a las marcas, fibras y concentraciones.

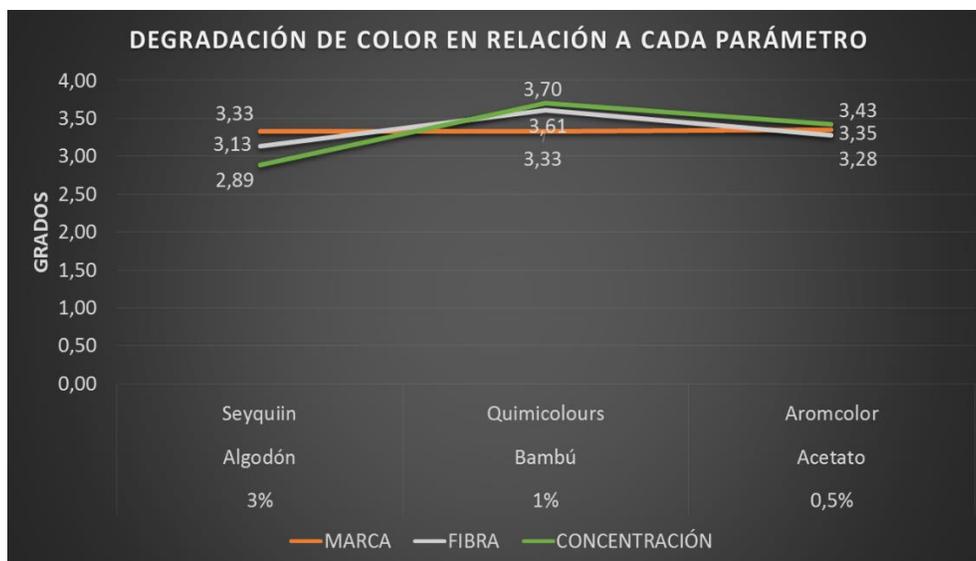


Figura 34. Degradación de color en relación a las fibras, marcas y concentraciones

En la figura 31 se ve claramente que las medias totales de degradación de color en relación a las marcas la que presenta menor degradado es Aromcolor; en relación a la fibra la que presenta menor degradado es bambú y con respecto a las concentraciones la que presenta menor degradado es 1%.

4.2.2.5.3 Transferencia de color en relación a las fibras, marcas y concentraciones.

Para este análisis de comparación entre fibras, marcas y concentraciones se detalla los promedios totales de transferencia de color agrupados por marcas: Seyquiin, Quimicolours y Aromcolor; fibras: algodón, bambú y acetato de celulosa; concentraciones de colorante 3%,1% y 0,5%.

En la tabla 32 se indica los promedios totales de transferencia de color en marcas, fibras y concentraciones:

Tabla 32

Media total de transferencia de color en relación a las marcas, fibras y concentraciones

TRANSFERENCIA DE COLOR EN RELACIÓN A LAS MARCAS, FIBRAS Y CONCENTRACIONES

MARCA		
SEYQUIIN	QUIMICOLOURS	AROMCOLOR
3,87	3,90	3,83
FIBRA		
ALGODÓN	BAMBU	ACETATO
3,97	3,64	3,99
CONCENTRACIÓN		
3%	1%	0,5%
3,14	4,23	4,23

Fuente: (El autor)

En la tabla 32 se puede observar las medias de transferencia de color por marcas, fibras y concentraciones donde se aprecia que los valores de transferencia de color en las marcas va de mayor a menor en el siguiente orden Aromcolor, Seyquiin, Quimicolours, en las fibras en el orden de bambú, algodón, acetato de celulosa y en las concentraciones en el orden de 3%, 1% y 0,5% recalcando que en las dos últimas concentraciones existe la misma transferencia.

En la figura siguiente se puede visualizar más claramente las medias de transferencia de color con respecto a las marcas, fibras y concentraciones.

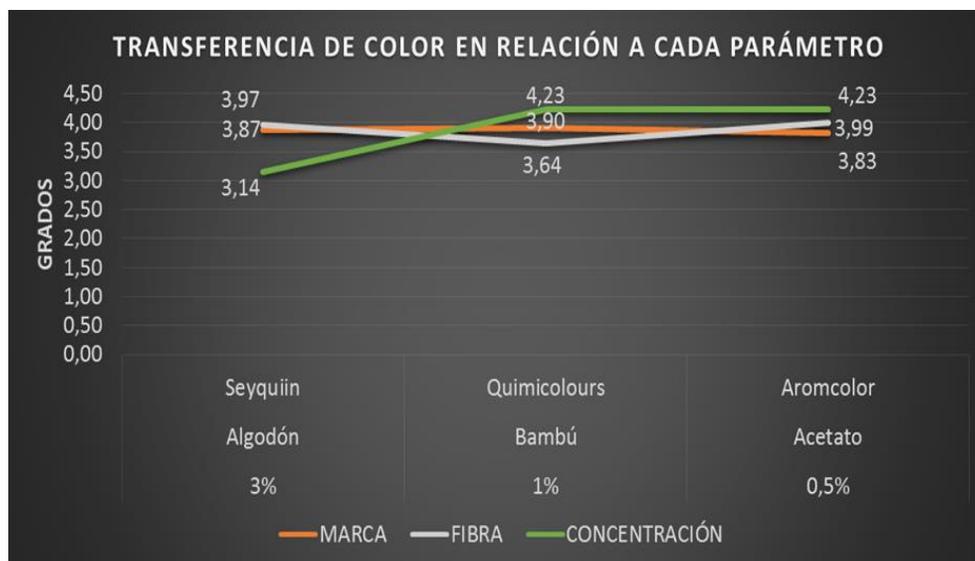


Figura 35. Transferencia de color en relación a las fibras, marcas y concentraciones

En la figura 33 se ve claramente que las medias totales de transferencia de color en relación a las marcas la que presenta menor transferencia es Quimicolours; en relación a la fibra la que presenta menor transferencia es acetato de celulosa y con respecto a las concentraciones la que presenta menor transferencia es 1% y 0,5% con el mismo valor.

4.2.2.6 Media total de intensidad, degradación y transferencia de color en los colorantes

amarillo, azul y rojo

Cumpliendo con el objetivo planteado en esta investigación de realizar un análisis comparativo de afinidad tintórea de colorantes directos amarillo, azul y rojo en fibras celulósicas para determinar que colorante presenta mayor afinidad, se utilizó la MEDIA de los valores de **intensidad, degradación y transferencia que son indicadores de afinidad tintórea** ya que la intensidad indica el grado de agotamiento del colorante y la degradación y la transferencia indica el grado de fijación del colorante.

En la tabla 33 se indica las medias totales obtenidas de los datos de intensidad, degradación y transferencia de color para cada colorante amarillo, azul y rojo, con la finalidad de determinar que colorante presenta mayor afinidad tintórea.

Tabla 33

Media total de intensidad, degradación y transferencia de color en relación a cada colorante

INTENSIDAD, DEGRADACIÓN Y TRANSFERENCIA EN RELACIÓN AL COLORANTE AMARILLO, AZUL Y ROJO			
	INTENSIDAD	DEGRADACIÓN	TRANSFERENCIA
	(%)	(grados)	(grados)
AMARILLO	101,61	3,46	3,88
AZUL	129,82	3,00	3,77
ROJO	102,52	3,56	3,97

Fuente: (El autor)

En la tabla 33 se puede observar las medias totales de intensidad de color donde se aprecia que los valores de mayor a menor intensidad van en el siguiente orden azul, rojo y amarillo; también se observa los promedios totales de degradación y transferencia de color donde se aprecia que van ordenados de mayor a menor así: azul, amarillo y rojo; por lo tanto se puede decir que los valores de degradación tienen una relación directa con los de transferencia respecto a los colorantes.

En la figura siguiente se puede visualizar más claramente los valores de intensidad, degradación y transferencia de color con respecto a los tres colorantes directos.

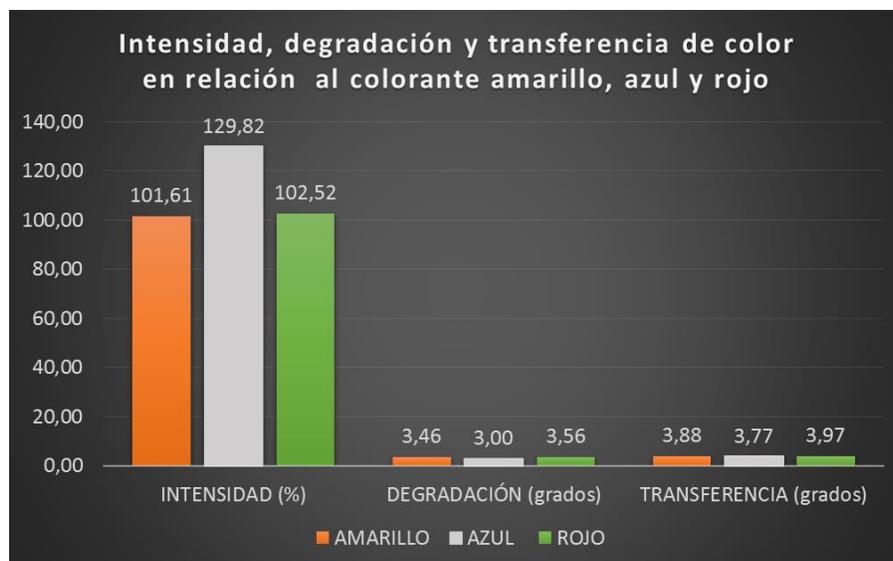


Figura 36. Tendencia de la media total de intensidad, degradación y transferencia de color en función a cada colorante

En la figura 36 se ve claramente que las intensidades de colorante amarillo y rojo no presentan mucha variación, mientras que la intensidad del colorante azul si se diferencia de los otros colorantes presentando mayor intensidad; en cuanto a la degradación se observa que el colorante amarillo y rojo tienen menor degradado y sus valores presentan una semejanza, mientras que el colorante azul si se diferencia y es el que tiene mayor degradación, por último, en la transferencia los tres valores son semejantes pero de igual manera el colorante azul es el que presenta mayor transferencia. También se observa que la degradación tiene una relación directa con la transferencia, es decir, a mayor degradación de color existe mayor transferencia de color.

El colorante azul presenta mayor intensidad 129,82%, a diferencia del colorante amarillo que presenta 101,61% y del colorante rojo que presenta 102,52%, sin embargo, el colorante azul es el que presenta mayor degradación con valor de 3 grados, a diferencia del colorante amarillo que presenta 3,36 grados y del colorante rojo que presenta 3,56 y además el colorante azul presenta mayor transferencia con valor de 3,77 grados, a diferencia del colorante amarillo que presenta 3,88 grados y del colorante rojo que presenta 3,97.

En relación a los datos obtenidos, la diferencia de intensidad del colorante azul con respecto al amarillo y rojo es mayor con 28% y 27% , respectivamente, mientras que el cambio de color es 13% más que el colorante amarillo y 16% más que el rojo y respecto a la transferencia, el colorante azul transfiere el color en un 3% más que el colorante amarillo y 5% más que el colorante rojo; por lo tanto teniendo en cuenta que el valor de intensidad se distingue en más alto porcentaje que los valores de degradación y transferencia se concluye que el colorante directo azul es el que presenta mayor afinidad tintórea.

4.2.2.7 Coeficiente de variación total de intensidad, degradación y transferencia de color en los parámetros fibra, marca y concentración

En la tabla 34 se indica el coeficiente de variación promedio total calculados de los coeficientes de intensidad, degradación y transferencia de color de las tablas 27,28,29 con la finalidad de determinar cuál es el parámetro que más influye en la afinidad tintórea.

Tabla 34

Coeficiente de variación total de intensidad, degradación y transferencia de color por cada parámetro

COEFF. DE VARIACIÓN DE LOS VALORES DE INTENSIDAD, DEGRADACIÓN Y TRANSFERENCIA DE COLOR POR CADA PARÁMETRO			
	INTENSIDAD	DEGRADACIÓN	TRANSFERENCIA
FIBRA	15,80	25,62	28,5
MARCA	16,12	25,80	28,76
CONCENTRACIÓN	17,67	23,60	26,26

Fuente: (El autor)

En la tabla 34 se puede observar los coeficientes medios totales de intensidad donde se aprecia que los valores de mayor a menor dispersión van en el siguiente orden concentración, marca, fibra; además se observa los coeficientes totales de degradación y transferencia de color donde se aprecia

que sus valores ordenados de mayor a menor van así: marca, fibra, concentración, por lo tanto se puede decir que los coeficientes de variación de degradación tienen una relación directa con los de transferencia.

En la figura siguiente se puede visualizar más claramente la relación de los coeficientes de variación de intensidad, degradación y transferencia de color en relación a cada parámetro.

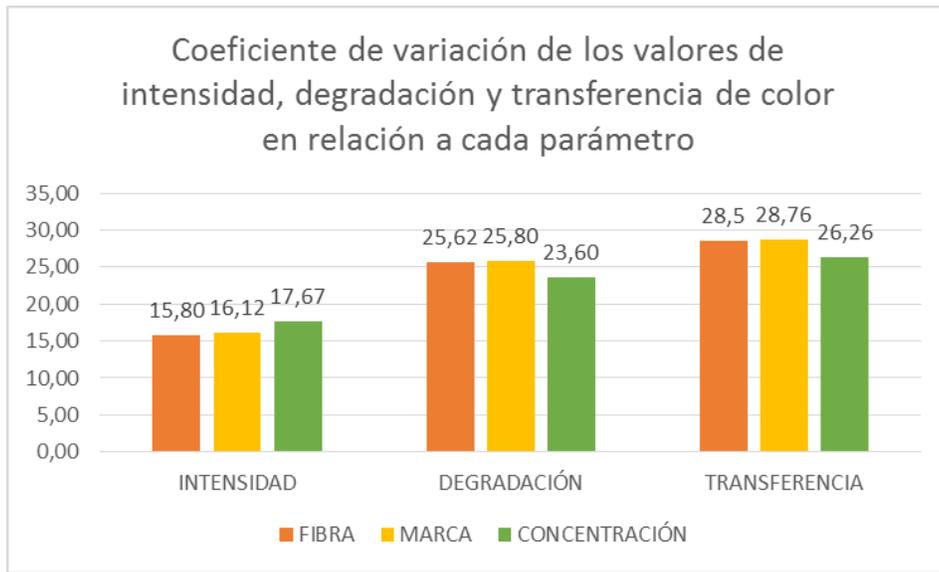


Figura 37. Coeficiente de variación de intensidad, degradación y transferencia de color por cada parámetro

En la figura 37 se observa claramente que de acuerdo al coeficiente de variación del porcentaje de intensidad, grados de degradación y transferencia de color que son indicadores de afinidad tintórea, el parámetro que más influye en intensidad es la concentración; mientras que en degradación y transferencia el parámetro que más influye es la marca.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

De acuerdo a las condiciones en las cuales se desarrolló esta investigación, usando para la tintura tres colorantes directos amarillo, azul y rojo de tres marcas comerciales distintas a tres concentraciones en tejidos de tres fibras celulósicas, realizando pruebas de solidez del color al lavado y obteniendo valores de intensidad, degradación y cambio de color como indicadores de afinidad tintórea, se llegó a establecer las siguientes conclusiones:

Mediante el test de normalidad al que fueron sometidos todos los valores de intensidad, degradación y transferencia de color obtenidos en el análisis espectrofotométrico, se determinó que estos superaron como mínimo dos de las cuatro pruebas del test, Shapiro-Wilk W, Anderson-Darling A, Lilliefors L y Jarque-Bera JB; lo cual indica, que existieron valores superiores a 0,05 de p (normal), como se muestra en las tablas 15, 16, 17 por lo que se determina que existió un nivel de confianza en todos los datos y estos pudieron ser sometidos a análisis estadísticos.

Para determinar la mayor afinidad tintórea entre fibras: algodón, bambú y acetato de celulosa, casas comerciales: Seyquiin, Quimicolours y Aromcolor y concentraciones: 3%, 1% y 0,5% se hizo una relación de sus valores de intensidad, degradación y transferencia de color donde se estableció que:

En relación de la media total de los datos de intensidad, degradación y transferencia de color con respecto a las fibras celulósicas algodón bambú y acetato de celulosa se establece que la fibra de bambú es la que presenta mayor intensidad con un valor 122,17%; con respecto a la degradación

es la que menos cambia su color con 3,61 grados pero con respecto a la transferencia es la que más transfiere su color con 3,64 grados; consecuentemente haciendo una relación porcentual con respecto a los valores de las otras fibras, el bambú es el que presenta mayor afinidad tintórea.

En relación de la media total de los datos de intensidad, degradación y transferencia de color con respecto a las casas comerciales Seyquiin, Quimicolours y Aromcolor se establece que Quimicolours es la que presenta mayor intensidad con un valor 122,44%; con respecto a la degradación es la que más cambia su color con 3,33 grados al igual que Seyquiin, sin embargo es la que transfiere menos su color con 3,90 grados, consecuentemente haciendo una relación porcentual con respecto a los valores de las otras casas comerciales, Quimicolours es el que presenta mayor afinidad tintórea.

En relación de la media total de los datos de intensidad, degradación y transferencia de color con respecto a las concentraciones 3%, 1% y 0,5% se establece que la concentración 1% presenta intensidad de 113,45% menor que la concentración de 0,5% de 11628%; sin embargo con respecto a la degradación en la concentración de 1% se presentó menor cambio de color con 3,70 grados a diferencia de la concentración 0,5% con 3,43, y por último la transferencia de color en la concentración es 4,23 grados igual que en la concentración 0,5%, consecuentemente haciendo una relación porcentual con respecto a los valores de intensidad y degradación de las concentraciones 1% y 0,5% que son las que se asimilan, se establece que en la concentración 1% existe mayor afinidad tintórea.

Con la finalidad de conocer que colorante directo amarillo, azul y rojo tiene mayor afinidad en las fibras celulósicas se realizó una comparación de los datos de intensidad, degradación y transferencia como se muestra a continuación:

Haciendo una relación de la media total de los datos de intensidad, degradación y transferencia de color en los colorantes directos amarillo, azul y rojo se establece que el colorante azul es el que presenta mayor intensidad con 129,86% sin embargo es el que más cambia su color con valor de 3 grados y más transfiere su color con valor de 3,77 grados.

En relación a los datos finales obtenidos de intensidad, degradación y transferencia de color anteriormente mencionados, la diferencia de intensidad del colorante azul con respecto al amarillo y rojo es mayor con 28% y 27%, respectivamente, mientras que el cambio de color es 13% más que el colorante amarillo y 16% más que el rojo y respecto a la transferencia, el colorante azul transfiere el color en un 3% más que el colorante amarillo y 5% más que el colorante rojo.

Por lo tanto teniendo en cuenta que el valor de intensidad se distingue en más alto porcentaje que los valores de degradación y transferencia se concluye que **el colorante directo azul es el que presenta mayor afinidad tintórea.**

Para determinar cuál de los parámetros fibra, marca y concentración presenta mayor influencia en la afinidad tintórea: intensidad, degradación y transferencia de los colorantes directos amarillo, azul y rojo se obtuvo un coeficiente de variación por colorante en cada parámetro fibra, marca y concentración, donde se estableció que:

En intensidad de color, el parámetro concentración es el que más influye en el colorante amarillo, el parámetro marca es el que más influye en el colorante azul y el parámetro fibra es el que más influye en el colorante rojo; en degradación de color, el parámetro fibra es el que más influye en el colorante amarillo, mientras que el parámetro marca es el que más influye en el colorante azul y rojo, y con respecto a la transferencia de color el parámetro marca es el que más influye en los tres colorantes.

En base a lo antes mencionado se obtuvo un coeficiente de variación total por parámetro en intensidad, degradación y transferencia como se indica en la figura 37 para concluir que: **el parámetro que más influye en intensidad es la concentración; mientras que en degradación y transferencia el parámetro que más influye es la marca.**

5.2 Recomendaciones

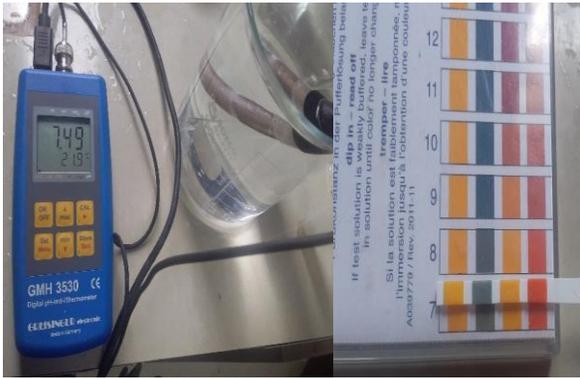
- Para efecto de la presente investigación se recomienda la calibración correcta del espectrofotómetro para tener la seguridad de que el equipo este midiendo de manera correcta y obtener datos verdaderos.
- Para profundizar la investigación, se recomienda comparar si el análisis de afinidad tintórea tiene el mismo efecto utilizando otra estructura de tejido como: interlock, piqué, ribb o a su vez tejido plano.

- Se recomienda medir la dureza del agua, por lo que puede ser una variable que afecte durante el proceso de tintura y los resultados obtenidos.

- Para este tipo de investigaciones de análisis comparativo, se recomienda utilizar materiales bajo las mismas condiciones posibles, como por ejemplo, tejidos realizados con el mismo título, y así proporcionar resultados confiables de afinidad tintórea.

6 ANEXOS

Tintura de fibras celulósicas con colorantes directos



Anexo1. pH del baño de tintura



Anexo2. . Pipeteo de colorantes directos



Anexo3. Enjuague de muestras



Anexo4. Muestras tinturadas

Prueba de solidez del color al lavado



Anexo5. Detergentes industriales



Anexo6. Multifibra



Anexo7. Preparación de muestras para la prueba



Anexo8. Prueba de solidez del color al lavado



Anexo9. Enjuague de las muestras

Medición de intensidad de color, cambio de color y transferencia de color



Anexo10. Medición de muestras en el espectrofotómetro

7 BIBLIOGRAFÍA

- Castillo, D. (12 de Octubre de 2012). *Scribd*. Obtenido de Colorantes Directos : <https://es.scribd.com/doc/109793718/Colorantes-Directos>
- AATCC. (2010). Color Strength Value using Reflectance Measurement. *AATCC AMERICAN ASSOCIATION OF TEXTILE CHEMISTS AND COLORISTS*. USA.
- AATCC. (2010). En Colorfastness to Laundering Accelerated (Vol. 85). *AATCC AMERICAN ASSOCIATION OF TEXTILE CHEMISTS AND COLORISTS*. Obtenido de AATCC TECHNICAL MANUAL.
- Antamba Herrera, J. C. (2017). *repositorio utn*. Obtenido de PRE-BLANQUEO Y TINTURA DE POLY-ALGODÓN:
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7413/1/04%20IT%20205%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Badr, A. (2012). Behavior of Cellulosic Fibers and Cellulosic Fiber Derivatives in Knitted Fabric Properties. *ResearchGate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/328661139_Behavior_of_Cellulosic_Fibers_and_Cellulosic_Fiber_Derivatives_in_Knitted_Fabric_Properties
- Benkhaya, S., Harfi, S., & Elharfi, A. (2017). Classifications, properties and applications of textile dyes: A review. *ResearchGate*, 311-320. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/323960391>
- Bureau of Indian Standards. (13 de Septiembre de 2013). *Textiles- Tests for colour fastness Part A02- Grey scales for assessing change in colour*. Obtenido de ISO 105-A02: 1993 : <https://archive.org/details/gov.in.is.iso.105.A02.1993/page/n3>
- Carrillo, F., Lis, M., Valdeperas-Morell, J., & Vicianá, J. (2003). Absorción de colorantes directos sobre fibras de lyocell. *ResearchGate*, 31-35.
- Castaño Nieto, F., & Moreno Orjuela, R. D. (2004). *Guadúa para todos. Cultivo y aprovechamiento*. Bogotá: ISBN:958-96176-5-4.

- Cegarra, J., Puent, P., Pepió, M., & Azuaga, J. (Enero de 1987). El factor de afinidad y su aplicación a la tinción optimizada en foulard. . *Articulos en UPC*, 45-62. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/6256/Article04.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chen, J. (2015). *Synthetic Textile Fibers*. Obtenido de Textiles and Fashion: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/cellulose-acetate-fibre>
- Color i5 . (s.f). *mcolorcontrol*. Obtenido de Manual Espectrofotómetro Color i5: http://mcolorcontrol.com/archivos/color_i5_manual_es.pdf
- Cottonworks. (Enero de 2018). *Textile Dyeing*. Obtenido de https://www.cottonworks.com/wp-content/uploads/2018/01/Dyeing_Booklet.pdf
- Datacolor. (18 de Mayo de 2016). *Gray Scale for Color Change and Gray Scale for staining*. Obtenido de https://knowledgebase.datacolor.com/admin/attachments/the_gray_scale_for_color_change_and_gray_scales_for_staining_.pdf
- Drumond Chequer, F. M., Rodrigues de Oliveira, G. A., Anastácio Ferraz, E. R., Carvalho Cardoso, J., Boldrin Zanoni, M. V., & Palma de Oliveira, D. (16 de Junio de 2013). *Textile Dyes*. Obtenido de Dyeing Process and Environmental Impact: <http://dx.doi.org/10.5772/53659>
- Fan, Q. (2005). *Chemical Texting of Textile*. Nueva York: CRC Press.
- Fernández, G. (18 de Mayo de 2015). *Química Organica*. Obtenido de Esquema de un espectrofotómetro: <http://www.quimicaorganica.net/esquema-espectrofot%C3%B3metro.html>
- Funar-Timofei, S., Sallo, A., Georgeta, S., & Ludovic, K. (2003). Structure Affinity Relations in Dye-Fibre Interactions. *ResearchGate*, 225-237. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/236853146_Structure_Affinity_Relations_in_Dye-Fibre_Interactions/citation/download

- Gil Rivero , A., & López Medina , E. (Diciembre de 2015). Germination characteristics of native cotton, *Gossypium* sp., seeds of green, lilac and brown fiber. *Unitru*, 39.
- Guaján Morales, C. M. (17 de Junio de 2019). Evaluación de intensidad de color entre las fibras de bambú y algodón. *Tesis*. Ibarra, Imbabura, Ecuador: Tesis de grado.
- Gutiérrez Toledo, J. M. (Noviembre de 2005). UTILIZACIÓN DE COLORANTES NATURALES EN EL TEÑIDO DE FIBRAS DE ALGODÓN EN TEJIDO DE PUNTO APLICADOS POR EL MÉTODO DE AGOTAMIENTO . Guatemala, Guatemala: Tesis .
- Hamed, O. A., & Chmielewski, H. J. (20 de Marzo de 2012). *CELLULOSIC FIBERS WITH ODOR CONTROL CHARACTERISTICS* . Obtenido de United States Patent : <https://patents.google.com/patent/US8138106B2/en>
- Hsieh, Y.-L. (31 de Diciembre de 2007). *Chemical structure and properties of cotton*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/279612071_Chemical_structure_and_properties_of_cotton
- Imtiazuddin, S., Sohail Tiki, M., Kanwal, A., & Chemical Industries, A. (09 de Octubre de 2009). *Importance of sequestering agent in textile processing* . Obtenido de <https://ptj.com.pk/Web-2009/10-09/October-2009-PDF/Finishing-AVM.pdf>
- J. R. ASPLAND, School of Textiles, Clemson University, Clemson, S. C. (Noviembre de 1991). *Direct Dyes and Their Application*. Obtenido de A Series on Dyeing: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.405.1476&rep=rep1&type=pdf>
- Karmakar, S. R. (1999). *CHEMICAL TECHNOLOGY IN THE PRE-TREATMENT PROCESSES OF TEXTILES*. New York: TEXTILE SCIENCE AND TECHNOLOGY.
- Kasukabe, Y., Ihara, I., Maekawa, Y., & Allen, R. D. (13 de Mayo de 2003). *COTTON PLANTS WITH IMPROVED COTTON FIBER CHARACTERISTICS AND METHOD FOR PRODUCING COTTON FIBERS FROM THESE COTTON PLANTS*. Obtenido de United States Patent: <https://patents.google.com/patent/US6563022B2/en>

- K-PATENTS. (s.f.). *CELLULOSE ACETATE FIBERS, CELLULOCE TRIACETATE (CTA)*.
 Obtenido de Kpatents:
http://www.kpatents.com.cn/assets/files/applications/4.00.00%20Chemical%20and%20Allied/APN%204.05.01%20Cellulosic_Fibers_Cellulose_Acetate_Fiber_Production.pdf
- Lessard, G., & Chouinard, A. (1980). Anatomy of Bamboo. En G. Lessard, & A. Chouinard, *Bamboo research in Asia* (págs. 161-164). Ottawa: International Development Research Centre.
- Lis Arias, M. J. (21 de Junio de 2002). Comportamiento cinético de fibras Tencell con colorantes directos. Barcelona, Catalunya, España: Tesi doctoral, UPC, Departament d'Enginyeria Tèxtil i Paperera. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/93801>
- Maier , M., & Santos Afonso, M. (s.f). *Scribd*. Obtenido de Química y Color en los Textiles: <https://es.scribd.com/document/188945619/Libro-quimica-y-textiles-pdf>
- Marinho, K. G. (02 de Abril de 2004). *Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie do bambu da espécie Guadua angustifolia*. Obtenido de <http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbeaa/v9n1/v9n1a16.pdf>
- Nelson, M. (1983). *Guía del textil en el acabado*. Ibarra: Universidad UTN.
- Pérez, K. (s.f.). *Scribd*. Obtenido de Afinidad de la naturaleza de las fibras a los diferentes: <https://es.scribd.com/presentation/403754858/textil>
- Provencio, N. (s.f.). *slideplayer*. Obtenido de Procesos de Tintura - Colorantes Textiles: <https://slideplayer.es/slide/1030588/>
- Rana, S., Pichandi, S., Parveen, S., & Fanguero, R. (2014). Regenerated Cellulosic Fibers and Their Implications on Sustainability. *ResearchGate*, 239-276. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/262946197>
- Repon, M. R., Mamun, R., Reza, S., Das, M., & Islam, T. (11 de Agosto de 2016). *Effect of Spinning Parameters on Thick, Thin Places and Neps of Rotor Spun Effect of Spinning Parameters on Thick, Thin Places and Neps of Rotor Spun*. Obtenido de ResearchGate:

https://www.researchgate.net/publication/312291878_Effect_of_Spinning_Parameters_on_Thick_Thin_Places_and_Neps_of_Rotor_Spun_Yarn

Sajjala, K., & Kala, T. F. (2016). Study on Structure, Extraction and Prevention Of Bamboo Fibre As Strength Enhancer In Concrete. *ResearchGate*, 1.

Saltex. (s.f). *Sal Industrial*. Obtenido de Saltex: http://salmontemar.com/tipos_sal/sal-textil/

SENATI. (22 de Mayo de 2009). *Scribd*. Obtenido de Manual de Colorimetría: <https://es.scribd.com/doc/64006792/Manual-de-Colorimetria>

Silva Castro, C. A. (Octubre de 2005). *Algodón genéticamente modificado*. Obtenido de Agro-Bio: <https://www.argenbio.org/adf/uploads/pdf/AlgodF3n20GenE9ticamente20Modificado.pdf>

Valldeperas-Morell, J. (2016). La colorimetría Instrumental: Un auxiliar Importante para la industria textil. *Research Gate*, 71-75.

Wakelyn, P. J., Bertoniere, N. R., French, A. D., Thibodeaux, D. P., Triplett, B. A., Rousselle, M. A., . . . Gamble, G. R. (2007). *Cotton Fiber Chemistry and Technology*. Francia: CRC Press Taylor & Francis Group.

Zakikhani, P., Zahari, R., Sultan, M. T., & Majid, D. L. (2014). Bamboo Fibre Extraction and Its Reinforced Polymer Composite Material. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, 315-318.

Zaragoza, I., Borja, A., Zamudio, F., Ordoñez, V., & Bárcenas, G. (Septiembre de 2014). *Anatomía del culmo de bambú (Guadua aculeata Rupr.) de la región nororiental del estado de Puebla, México*. Obtenido de SciELO: <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v20n3/v20n3a8.pdf>

