



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 LA AFINIDAD TINTÓREA DE COLORANTES
REACTIVOS AMARILLO, AZUL Y ROJO EN TEJIDOS DE FIBRAS CELULÓSICAS”**

AUTORA:

GRACE ESTEFANÍA PALLO CUICHÁN

DIRECTOR:

MSC. DARWIN JOSÉ ESPARZA ENCALADA

IBARRA-ECUADOR

2019-2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la 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 DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1727045674	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Pallo Cuichán Grace Estefanía	
DIRECCIÓN:	Quito, San José de Cangahua	
EMAIL:	gepallo@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:	(02) 2495572	TELÉFONO MÓVIL: 0984873046

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"Análisis comparativo de la afinidad tintórea de colorantes reactivos amarillo, azul y rojo en tejidos de fibras celulósicas"
AUTOR (ES):	Grace Estefanía Pallo Cuichán
FECHA: DD/MM/AAAA	07/10/2020
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Textil
ASESOR /DIRECTOR:	Msc. Darwin José Esparza Encalada

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 15 días del mes de Octubre de 2020

EL AUTOR:

(Firma) 
Nombre: Grace Pallo



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL

CERTIFICADO DEL ASESOR DE TESIS:

En mi calidad de Director de Trabajo de Grado presentado por la Srta. Egresada GRACE ESTEFANIA PALLO CUICHÁN, para optar por el título de INGENIERA TEXTIL, cuyo tema es **“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA AFINIDAD TINTÓREA DE COLORANTES REACTIVOS AMARILLO, AZUL Y ROJO EN TEJIDOS DE FIBRAS CELULÓSICAS”**, considero que el presente trabajo de grado reúne con los requisitos y méritos suficientes para la evaluación por parte de los opositores que se designe.

En la ciudad de Ibarra, 10 de Octubre del 2020

Msc. DARWIN ESPARZA
DIRECTOR TRABAJO DE GRADO

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios y a mi Divino Niño, por darme la fuerza y no desampararme en los momentos difíciles permitiéndome culminar una de mis grandes metas.

A mi padre Luis, quien es el pilar fundamental en mi vida y mi ejemplo a seguir, gracias a su fortaleza, lucha y apoyo incondicional he logrado cumplir mi meta, guiándome siempre por el camino de la superación.

A mi madre Anita, por su amor, comprensión y sacrificio en todos estos años, enseñándome que se debe luchar por nuestros sueños a pesar de las circunstancias, quien con sus consejos y paciencia me dio el apoyo suficiente para no decaer.

A mis hermanas, Yoselin, Melany y Ana Paula quienes con su cariño a pesar de la distancia son mi más grande motivación para seguir adelante y continuar superándome.

A toda mi familia por su apoyo incondicional en cada momento, sus bendiciones y por cada palabra de aliento para alcanzar con este gran sueño que al fin he logrado cumplir.

A mis amigos Anita, Juan, Mónica, Steven, Andrés, Enrique, Gabriela, Mayra, Ricardo, Alicia que siempre han estado junto a mí en cada momento y por nunca dejarme sola, a Yomaira que a pesar de las dificultades en nuestras tesis las terminamos.

Grace Pallo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis amados padres, por su apoyo incondicional y siempre buscar las maneras para permitirme culminar mi carrera universitaria, a mis hermanas que con su cariño me motivaron a seguir adelante con este sueño.

A la Universidad Técnica del Norte, Ingenieros de la Carrera de Ingeniería Textil por permitirme el uso de las instalaciones y por todos los conocimientos compartidos, a mis docentes y amigos que siempre han estado presente durante toda esta etapa llena de muchas experiencias.

Al Msc. Darwin Esparza, por ser el guía de este proyecto final, que gracias a sus conocimientos y paciencia he logrado culminar con el mismo.

Grace Pallo

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I.....	1
1 INTRODUCCION.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Importancia del estudio	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo general	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Característica del sitio del proyecto.....	3
CAPITULO II	4
2 ESTADO DEL ARTE.....	4
2.1 Estudios previos.....	4
2.1.1 Fibras celulósicas	4
2.1.2 Colorantes reactivos	6
2.1.3 Afinidad tintórea de colorantes reactivos.....	7
2.2 Marco conceptual	8
2.2.1 Algodón.....	8
2.2.2 Bambú	10
2.2.3 Acetato de Celulosa.....	12
2.2.4 Colorantes reactivos	13
2.2.5 Afinidad tintórea	14
2.2.6 Proceso de tintura.....	16
2.3 Norma de referencia	17
2.3.1 Norma AATCC 61-2013 SOLIDEZ DEL COLOR AL LAVADO: ACELERADO – Método 3A	17
CAPITULO III.....	19
3 METODOLOGÍA.....	19
3.1 Método de investigación.....	19
3.2 Recopilación de la información.....	20
3.3 Diseño muestral	21
3.4 Selección de la muestra	21

3.5	Metodología de campo	26
3.5.1	Proceso de tintura	28
3.5.2	Medición de intensidad de color en el espectrofotómetro.....	32
3.5.3	Prueba de solidez del color al lavado	33
3.6	Métodos y técnicas estadísticas utilizadas.....	38
3.7	Procesamiento de datos	39
CAPITULO IV		40
4	RESULTADOS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS	40
4.1	Resultados.....	40
4.1.1	Intensidad de color en colorantes reactivos.....	40
4.1.2	Prueba de solidez del color al lavado	41
4.2	Evaluación de resultados	43
4.2.1	Normalidad de los datos.....	43
4.2.2	Análisis de los resultados	46
CAPITULO V		67
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
5.1	Conclusiones.....	67
5.2	Recomendaciones	70
CAPITULO VI.....		72
6	BIBLIOGRAFIA	72
CAPITULO VII		75
7	ANEXOS	75
7.1	Materiales y equipos.....	75
7.2	Tintura con colorantes reactivos.....	76
7.3	Prueba de solidez del color al lavado	77
7.4	Medición de la intensidad, degradación, transferencia de color.....	77
7.4.1	Muestra de la hoja de resultados de la intensidad del color	78
7.4.2	Muestra de la hoja de resultados de la degradación del color	79
7.4.3	Muestra de la hoja de resultados de la transferencia del color.....	80

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Absorción de agua en distintas fibras celulósicas	5
Tabla 2 Composición química del algodón.....	9
Tabla 3 Composición química de la fibra de bambú.....	12
Tabla 4 Propiedades de los colorantes reactivos	14
Tabla 5 Especificaciones del tejido 100%de algodón.....	22
Tabla 6 Especificaciones del tejido 100% acetato de celulosa	22
Tabla 7 Especificaciones del tejido 100% bambú.....	23
Tabla 8 Hoja de prueba de tinción para los tejidos de algodón, bambú y acetato de celulosa.	29
Tabla 9 Muestras tinturadas con colorante amarillo	31
Tabla 10 Muestras tinturadas con colorante amarillo	31
Tabla 11 Muestras tinturadas con colorante rojo	32
Tabla 12 Parámetros de prueba Método 3A de solidez al lavado	34
Tabla 13 Muestras amarillas sometidas a la prueba de solidez del color.....	34
Tabla 14 Muestras azules sometidas a la prueba de solidez del color	35
Tabla 15 Muestras rojas sometidas a la prueba de solidez del color.....	35
Tabla 16 Tabla de valores de la intensidad de color	40
Tabla 17 Valores del cambio o degradación del color.....	41
Tabla 18 Valores de la transferencia de color	42
Tabla 19 Test de normalidad de los resultados de la intensidad de color	44
Tabla 20 Test de normalidad de los resultados de degradación de color	44
Tabla 21 Test de normalidad de los resultados de transferencia de color.....	45
Tabla 22 Intensidad del color por marca.....	46
Tabla 23 Intensidad del color por fibra	47
Tabla 24 Intensidad del color por concentración	49
Tabla 25 Degradación del color por marca	50
Tabla 26 Degradación del color por fibra	51
Tabla 27 Degradación del color por concentración	52
Tabla 28 Transferencia del color por marca	53
Tabla 29 Transferencia del color por fibra.....	54
Tabla 30 Transferencia del color por concentración.....	55
Tabla 31 Coeficientes de variación de intensidad de color.....	57
Tabla 32 Coeficientes de variación en la degradación de color	58
Tabla 33 Coeficiente de variación de la transferencia del color	59
Tabla 34 Medias colorantes reactivos según el color.....	61
Tabla 35 Medias totales intensidad del color por marca, fibra y concentración	62
Tabla 36 Medias totales degradación del color por marca, fibra y concentración.....	63
Tabla 37 Medias totales transferencia del color por marca, fibra y concentración.....	64
Tabla 38 Coeficiente de variación de los parámetros marca, fibra y concentración.....	65

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura física de la fibra de algodón (Lockuán, II. La industria textil y su control de calidad. Fibras Textiles, 2013).....	9
Figura 2 a) culmo de bambú, (b) sección transversal del culmo de bambú, (c) haz vascular, (d) hebra de fibra, (e) fibras elementales (f) modelo de estructura de poli lamelas de bambú. (Zakikhani, Zahari , & Majid , 2014).....	11
Figura 3 Micrografías de acetato de celulosa. (Duque, Rodríguez, & López, 2014).....	12
Figura 4 Afinidad Tintórea alta (Llano, 2009).....	15
Figura 5 Afinidad tintórea baja. (Llano, 2009)	15
Figura 6 Metodología seguida en la investigación. (El autor)	20
Figura 7 Diseño de muestras de tejidos, colorantes reactivos y concentraciones de la investigación. (El Autor).....	21
Figura 8 Selección de muestras (El autor)	25
Figura 9 Estructura del proceso de investigación de campo. (El Autor)	27
Figura 10 Proceso de tintura (El autor)	28
Figura 11 Curva de Tintura con colorantes reactivos. (El Autor)	30
Figura 12 Curva de lavado reactivo (El autor).....	30
Figura 13 Escala de grises para cambio de color (Datacolor, 2016).....	37
Figura 14. Escala de grises para tinción o transferencia de color (Datacolor, 2016).....	38
Figura 15 Intensidad del color por marca (El autor)	47
Figura 16 Intensidad del color por fibra (El autor)	48
Figura 17 Intensidad del color por concentración (El autor)	49
Figura 18 Degradación del color por marca (El autor)	50
Figura 19 Degradación del color por fibra (El autor)	51
Figura 20 Degradación del color por concentración (El autor).....	52
Figura 21 Transferencia del color por marca (El autor).....	54
Figura 22 Transferencia de color por fibra (El autor).....	55
Figura 23 Transferencia del color por concentración (El autor)	56
Figura 24 Coeficiente de variación intensidad del color (El autor)	57
Figura 25 Coeficiente de variación degradación del color.....	58
Figura 26 Coeficiente de variación en la transferencia de color (El autor)	60
Figura 27 Medias de los colores de los colorantes (El autor)	61
Figura 28 Medias totales de la intensidad del color según los parámetros (El autor).....	62
Figura 29 Medias totales de la degradación del color según los parámetros (El autor).....	63
Figura 30 Medias totales de la degradación del color según los parámetros (El autor).....	64
Figura 31 Coeficiente de variación de acuerdo a los parámetros marca, fibra y concentración (El autor).....	66
Figura 32 Autoclave.....	75
Figura 33 Espectrofotómetro.....	75
Figura 34 Balanza Electrónica	75
Figura 35 Sustrato textil.....	75
Figura 36 Colorantes reactivos.....	75

Figura 37 Auxiliares.....	75
Figura 38 Peso de la muestra	76
Figura 39 Preparación del sustrato.....	76
Figura 40 Muestra tinturada.....	76
Figura 41 Pipeteo del colorante.....	76
Figura 42 Pipeteo del colorante.....	76
Figura 43 Preparación de la solución.....	76
Figura 44 Detergente líquido y en polvo.....	77
Figura 45 Multifibra.....	77
Figura 46 Muestras resultantes.....	77
Figura 47 Enjuague de muestras	77
Figura 48 Testeo de las muestras	77
Figura 49 Resultados intensidad del color	78
Figura 50 Resultados degradación del color	79
Figura 51 Resultados transferencia del color	80

RESUMEN

En este trabajo de investigación se hace un análisis comparativo de afinidad tintórea de colorantes reactivos amarillo, azul y rojo tinturados en tejidos de fibras celulósicas con la finalidad de dar a conocer que colorante y cuál de los parámetros marca, fibra y concentración tienden a influir más en la afinidad tintórea.

Para el desarrollo de este estudio se obtuvo 81 muestras, de las cuales 27 de algodón, 27 de bambú y 27 de acetato de celulosa con un peso de 8 g, las mismas que fueron tinturadas con colorantes reactivos amarillo, azul y rojo de tres marcas comerciales Seyquiin, Quimicolours y Aromcolor y a tres concentraciones 3%, 1% y 0,5%.

Las pruebas de tintura se realizaron en el equipo Autoclave, en donde las 81 muestras fueron sometidas al proceso de tintura por agotamiento; para luego ser analizadas con la ayuda del equipo espectrofotómetro obteniendo los valores de la intensidad del color, teniendo como referencia las muestras tinturadas con los colorantes de la empresa Seyquiin; la prueba de solidez del color al lavado se la realizó tomando en cuenta la norma AATCC 61-2013 SOLIDEZ DEL COLOR AL LAVADO: ACELERADO- método de prueba 3A en el equipo Autoclave; consecutivamente las muestras sometidas a la prueba de solidez fueron analizadas por la escala de grises del equipo espectrofotómetro para obtener los datos del cambio y transferencia de color.

Los valores obtenidos del proceso de tintura, cambio y transferencia de color fueron sometidos al test de normalidad, en el cual se determinó que los datos sobrepasan el valor mínimo de confiabilidad de 0,05p (normal) y pueden ser sometidos a análisis estadísticos.

Con referencia a los valores resultantes del análisis comparativo de los colorantes reactivos amarillo, azul y rojo, se determinó mediante la media que, el colorante azul tiene mayor afinidad tintórea a diferencia del colorante amarillo y azul; además, con los resultados del coeficiente de variación sin tomar en cuenta el color del colorante reactivo se determinó que el parámetro fibra influye en la intensidad y degradación del color y la marca en la transferencia de color.

Palabras clave: Afinidad tintórea, colorantes reactivos, fibras celulósicas, cambio y transferencia de color.

ABSTRACT

In this research, it is made a comparative analysis of dye affinity of reactive dyestuffs yellow, blue and red dyed in cellulosic fibers fabrics to know which dye and which of the parameters brand, fiber and concentration tend to influence more in the dye affinity.

For the development of this study were obtained 81 samples, of which 27 were cotton, 27 bamboo, and 27 cellulose acetate with a weight of 8 g, which were pigmented with reactive dyes yellow, blue and red of three brands Seyquii, Quimicolours, and Aromcolor and three concentrations 3%, 1%, and 0.5%.

The dyeing tests were carried out in Autoclave, where the 81 samples were submitted to the exhaustion dyeing process; then they were analyzed with the spectrophotometer obtaining the values of the color intensity, having as reference the samples dyed with the Seyquii company dyes. The colorfastness test to washing was carried out taking into account the AATCC 61-2013 standard COLORFASTNESS TO LAUNDERING: ACCELERATED - test method 3A in the Autoclave; consecutively the samples submitted to the solidity test were analyzed by the grayscale of the spectrophotometer to obtain the data of the color change and transference.

The values obtained from the dyeing, color change, and transfer process were surrendered to the normality test, in which it was determined that the data exceed the minimum reliability value of 0.05p (normal) and can be submitted to statistical analysis.

Concerning the values of the comparative analysis of the reactive dyestuffs yellow, blue, and red, it was determined using the mean that, the blue pigment has more dye affinity in contrast to the yellow and blue dye. With the results of the variation coefficient without taking into account the reactive dye's color, it was determined that the mark parameter influences the color intensity and the concentration in the change and transference of color.

Keywords: Dye affinity, reactive dyestuffs, cellulosic fibers, color change, and transfer

CAPITULO I

1 INTRODUCCION

En la actualidad las industrias han considerado como punto relevante la contaminación del ambiente siendo así, que se han buscado alternativas para ser amigables con el mismo. Por lo que se toma como referencia a la industria textil específicamente en el área de tintorería y acabados debido a que utilizan una infinidad de productos químicos entre ellos los colorantes reactivos para la tinción de fibras celulósicas, los mismos que al no tener un agotamiento completo este se desperdiciará en un cierto porcentaje en las aguas residuales que son desechadas por la industria aumentando costos y competitividad.

Por las razones expuestas anteriormente se ha visto conveniente la realización de este trabajo, esperándose conocer que parámetros tienden más a influir en la afinidad de los colorantes reactivos en fibras celulósicas, pues al no tener un agotamiento mayor podría ser causado por el color del colorante, la marca del colorante a usar, las concentraciones utilizadas o del tipo de fibra celulósica a tinción.

Este trabajo de investigación comprende el desarrollo de un análisis comparativo de afinidad tintórea de colorantes reactivos amarillo, azul y rojo, en fibras celulósicas como el algodón, bambú y acetato de celulosa, a diferentes concentraciones y con distintas marcas de colorantes reactivos. Para posteriormente determinar la afinidad de los colorantes en los tejidos con la ayuda del equipo de laboratorio de la Carrera de Ingeniería Textil denominado espectrofotómetro, la afinidad tintórea se analizará también con pruebas de solidez.

Los resultados obtenidos en los análisis en laboratorio serán evaluados comparativamente para así determinar los parámetros que más influyen en la afinidad tintórea.

1.1 Antecedentes

En el área de tintorería de la Industria Textil, en el proceso de tinción de fibras celulósicas han optado por la utilización de colorantes reactivos ya que esto tiene mayor afinidad con este tipo de fibras. Al respecto Solé Cabanes (2016) afirma “que los colorantes reactivos provienen de la capacidad de reaccionar con la fibra celulosa, consiguiéndose una fijación del mismo, mucha más

sólida que la de los otros colorantes”. Sin embargo Guaján Morales (2019) da a conocer: Que existe mayor afinidad tintórea en colorantes reactivos que se utilizo en su investigación, teniendo como resultado que el color amarillo tiene un 60,65%, el color rojo un 70,32% y el color azul un 2,30% de grado de absorción, absorción de color azul que es muy baja y la cual debería investigarse la razones. (pp.79)

Por lo que en esta investigación se determinará entre los parámetros marca del colorante, el color, las concentraciones o tipo de fibra tienden más a influir con la afinidad tintórea.

1.2 Importancia del estudio

En la actualidad las industrias han considerado como punto relevante la contaminación del ambiente siendo así, que se han buscado alternativas para ser amigables con el mismo. Por lo que se toma como referencia a la industria textil específicamente en el área de tintorería y acabados debido a que utilizan una infinidad de productos químicos entre ellos los colorantes reactivos para la tintura de fibras celulósicas, los mismos que al no tener un agotamiento completo este se desperdiciará en un cierto porcentaje en las aguas residuales que son desechadas por la industria; aumentando también costos y competitividad.

Por las razones expuestas anteriormente se ha visto conveniente la realización de este trabajo, esperándose conocer que parámetros tienden más a influir en la absorción de los colorantes reactivos en fibras celulósicas, pues al no tener un agotamiento mayor podría ser causado por el color del colorante, la marca del colorante a usar, las concentraciones utilizadas o del tipo de fibras celulósica a tinturar.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Realizar un análisis comparativo de la afinidad tintórea de colorantes reactivos amarillo, azul y rojo en tejidos de fibras celulósicas.

1.3.2 Objetivos específicos

- Establecer una base teórica necesaria mediante bibliografía especializada para tratar en el trabajo temas sobre fibras celulósicas, colorantes reactivos y afinidad tintórea.
- Obtener tejidos de fibras celulósicas tinturados con colorantes reactivos amarillo, azul y rojo mediante un proceso de tintura por agotamiento, para conseguir muestras que permitan hacer un análisis de afinidad tintórea.
- Determinar el grado de afinidad tintórea de los colorantes reactivos amarillo, azul y rojo en las fibras celulósicas, mediante la aplicación de colorantes de tres marcas diferentes, a tres concentraciones, en tres diferentes fibras celulósicas; para dar a conocer los parámetros que más influyen en el grado de afinidad del colorante.

1.4 Característica del sitio del proyecto

La presente tesis de pregrado para la obtención del título de Ingeniera Textil se realizará en la provincia de Imbabura, ciudad Ibarra, en donde la parte práctica se desarrolla en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Textil de la Universidad Técnica del Norte, ubicados en el sector El Sagrario, calle Luciano Solano Sala, ya que es necesario el uso de equipos, maquinaria e instrumentos de laboratorio existentes en los mismos, para lograr la culminación de la tesis con el desarrollo y testeo de la muestras tinturadas obtenidas para el análisis comparativo a desarrollarse.

CAPITULO II

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Estudios previos

En esta parte se dará a conocer algunos estudios de temas relacionados con fibras celulósicas, colorantes reactivos y afinidad tintórea para tener mejores conocimientos y lograr realizar el trabajo de investigación.

2.1.1 Fibras celulósicas

“Las fibras celulósicas se disponen en el interior de la madera, formando regiones cristalinas unidas entre sí por medio de fibras sobresalientes, conformando zonas amorfas de unión y zonas cristalinas.” (Biermann, 1996) “Los componentes químicos de las fibras celulósicas son: polisacáridos (celulosa, hemicelulosa y pectina), proteínas, ceras, ácidos orgánicos, lignina, materia colorante y minerales.” (Sanz Domínguez, 2015) Estas fibras se las encuentra en la madera y están compuestas por diferentes sustancias donde los componentes principales son: la celulosa, hemicelulosa y pectina, donde su porcentaje y procedencia dependerá del tipo de fibra. También Flores Antamba (2018) menciona que:

La celulosa es uno de lo materiales más abundantes de la tierra se caracteriza por su gran disponibilidad y fuente de energía renovable, la obtención de fibras de celulosa a partir de su disolución controlada, les confiere gran pureza, uniformidad y reproductibilidad de propiedades en contra con fibras naturales como el algodón. La celulosa se caracteriza por ser fácil de conseguir en la naturaleza, ya que las plantas están compuestas por la misma, y al formar parte de la estructura interna de la madera esta no tiene ninguna impureza a comparación de otras fibras.

Así también Jiménez Muñoz (2017) en su trabajo establece que la celulosa es altamente hidrofílica, debido a la presencia de grupos polares (grupo hidroxilo); cuando las cadenas de celulosa se ponen en contacto con el agua, las fibras absorben moléculas de agua(se hidratan) y aumentan su volumen, ,mejorando simultáneamente su flexibilidad y la capacidad de enlace con otras fibras adyacentes. La absorción de agua es más eficiente en las zonas amorfas de la celulosa que en las zonas cristalinas. (pp.5) Es decir las fibras celulósicas al tener una buena propiedad de hidrofílicidad tienden una mayor absorbencia de líquidos por ende da a entender que al ser sometidas

a un proceso de tintura la capacidad de absorber será mayor a comparación de otras fibras. Además, Cottonworks (2018) de acuerdo con su trabajo menciona que:

El algodón y el rayón son fibras a base de celulosa pura y se teñirán con los mismos tintes, sin embargo cuando los sustratos textiles compuestos por las dos fibras se tiñen juntos del color producido en cada sustrato tendrá una sombra similar pero no coincidirá. Esta diferencia de color se debe a las diferentes configuraciones moleculares internas de las dos fibras. (pp. 26) La estructura de las fibras celulósicas influyen de manera directa con el color que se le vaya a teñir ya que mediante estudios se a notado que existe una diferencia de colores de acuerdo al tipo de fibra a la cual se le pretenda teñir.

Macías (2011) en su trabajo menciona que: La tintura de fibras celulósicas con los colorantes reactivos tiene lugar en tres etapas bien diferenciadas:

- Absorción del colorante por la fibra en medio neutro y con adición de electrolito, seguida de una absorción en medio alcalino que se simultánea con la reacción.
- Reacción del colorante en medio alcalino, con los grupos hidroxilo de la celulosa y del agua.
- Eliminación del colorante hidrolizado y por lo tanto no fijado covalentemente a la fibra celulósica. (pp.47)

Cegarra, Puente, & Valdeperas (1981) mediante la tabla 1 da a conocer el porcentaje de absorción de agua que tienen algunos tipos de fibras celulósicas.

Tabla 1

Absorción de agua en distintas fibras celulósicas.

Fibras celulósicas	Gramos de agua /100gr de fibra
Rayón viscosa	95
Rayón cupromoniacal	90
Algodón americano mercerizado sin tens	56
Algodón americano mercerizado con tens	46
Lino	46
Algodón americano	42
Ramio	42

Fuente: (Cegarra, Puente, & Valdeperas, 1981)

Es importante tener conocimiento de la cantidad de absorción de agua que tienen las fibras celulósicas para la tintura de las mismas, ya que uno de los parámetros que influyen en la intensidad de color es el tipo de fibra, pues mediante estudios se ha logrado dar a conocer que en una tintura de distintas fibras celulósicas con igual colorante hay una diferencia de la afinidad tintórea.

2.1.2 Colorantes reactivos

Tobón & Peñaloza (2014) indica que actualmente en la industria textil el 60% de los colorantes que se utilizan son colorantes reactivos que por sus distintas propiedades y características (solubilidad y estabilidad química), han provocado un gran impacto al medio ambiente por la cantidad de agua que se contamina en estos procesos. Por lo que es importante el estudio de la afinidad tintórea que tiene estos colorantes con fibras celulósicas pues al tener conocimiento del parámetro que influye en la absorción se verá la manera de solucionarlo evitando mayor contaminación por el exceso de residuos en el agua.

“Los colorantes de tipo reactivo se emplean desde 1956 para el teñido de artículos que han de presentar una elevada resistencia a ser deteriorados por el lavado convencional, pues se trata de compuestos que reaccionan para formar enlaces covalentes colorante fibra.” (Colindres Bonilla, 2010). Estos colorantes son aplicados en la tintura de productos elaborados de fibras textiles a base de celulosa ya que, estos forman un enlace covalente con la fibra permitiéndole obtener una solidez al lavado muy buena. Peñafiel (2011) afirma:

Los colorantes reactivos deben aplicarse en un medio acuoso y con una buena agitación ya que en ellos compiten tres reacciones: reacción entre colorante fibra, reacción agua y colorante (hidrólisis), y auto asociación o reacción entre moléculas de colorante, la reacción que se desea es la primera la segunda puede reducirse considerablemente controlando el pH y la temperatura que es de vital importancia. (pp. 69) Al utilizar colorantes reactivos se debe considerar que estos se disuelven en agua caliente para evitar grumos por lo que es necesario una buena agitación pues, si no se realiza la aplicación de la manera correspondiente no se dará la reacción colorante-fibra.

Para el teñido de tejidos elaborados con fibras de algodón el uso de colorantes reactivos es de suma importancia pues, se han obtenido buenos resultados a las pruebas de solidez al lavado y de transpiración siendo, estos colorantes los más utilizados en la actualidad (Repon, 2018)

2.1.3 Afinidad tintórea de colorantes reactivos

Peña C. (2017) en su trabajo menciona que la tintura de fibras celulósicas (algodón, lino, yute, ramio y otras fibras regeneradas como viscosa, modal y lyocell, tencel) en la actualidad se utilizan colorantes reactivos, principalmente cuando se trata de telas para la fabricación de prendas de vestir; debido a la alta solidez al lavado que presentan estos colorantes (solidez = permanencia del color en el material textil). Una de las características de los colorantes reactivos es que son muy afines a las fibras celulósicas por ende son muy utilizados para la tintura, pues tienden a resistir a los lavados.

Según Colindres Bonilla, (2010) afirma que: los colorantes reactivos tienen buena afinidad tintórea porque están conformados por dos grupos como son:

- El grupo cromóforo, que imparte el color y contribuye a la sustentividad por la celulosa.
- El grupo o sistema reactivo, que es el que habilita a la molécula para reaccionar con la celulosa y formar los enlaces covalentes. (pp. 21)

A través de la investigación realizada por Guaján Morales (2019) se tienen como resultados de la afinidad tintórea con colorantes reactivos en los colores que se utilizó, el color amarillo tiene un 60,65%, el color rojo un 70,32% y el color azul un 2,30% de grado de absorción. (pp.79) Por los resultados obtenidos de la investigación ya desorrallada con anterioridad se puede notar que los colorantes reactivos tienen una buena afinidad tintórea al tener un alto porcentaje de absorción a comparación de otros colorantes utilizados para la tintura de tejidos de fibras celulósicas. Además se da a notar que existe una gran diferencia con respecto a la afinidad del colorante azul con el rojo y amarillo, siendo así que se desconoce el parámetro por el cual se da esta diferencia. Pereira (2014) indica que:

La afinidad de los colorantes reactivos depende de los grupos cromóforos y del sistema reactivo. En el proceso de tintura, las moléculas de colorante en solución tienen una tendencia a ocupar el mayor volumen disponible, presentándose un estado de alto desorden molecular (aumento de la entropía). Cuando las moléculas de colorante penetran en la fibra éstas entran a un estado de menor desorden, para lo que requieren de una fuerza externa que les permita realizar el cambio de estado, la cual es llamada afinidad. Para tener una buena absorción del colorante en tejidos de fibras celulósicas es necesario tomar en cuenta de los grupos cromóforos y el sistema reactivo por los cuales está compuesto lo colorantes reactivos ya de ellos depende la afinidad que se va a tener a la realizar un proceso de tintura.

2.2 Marco conceptual

En este segmento se tratará temas referentes al trabajo de investigación para tener mejor conocimiento en fibras celulósicas, colorantes reactivos, afinidad tintórea y el proceso de tintura que se va a seguir para la realización de la parte práctica.

2.2.1 Algodón

El algodón es una fibra textil celulósica, conocida en todo el mundo por sus diferentes propiedades y características, se identifica por ser utilizado como materia prima en la elaboración de hilos, tejidos y prendas de vestir. Además, “tiene una combinación de propiedades tales como: durabilidad, bajo costo, facilidad de lavado y comodidad, que lo hacen apropiado para prendas de verano, ropa de trabajo, toallas y sábanas.” (Bolaños Jaramillo, 2011)

2.2.1.1 Características morfológicas y sistemáticas

Las fibras de algodón desde la antigüedad han sido muy utilizadas ya que “proceden de la borra que cubre las semillas de diversas plantas de la familia de las malváceas, género GOSSYPIUM, que se cultivan principalmente en las zonas tropicales y templadas.” (Morales, s.f., pp. 1) Al respecto Alonso Felipe (2015) añade que, los diferentes tipos de algodón cultivados son:

- *Gossypium hirsutum* (87%) o algodón americano.
- *Gossypium barbadense* (8%) o algodón egipcio.
- *Gossypium herbaceum* (5%).o algodón del medio oriente (pp. 5)

2.2.1.2 Estructura de la fibra

“La fibra del algodón está formada por una cutícula, una pared primaria, una pared secundaria y un lumen. La fibra crece casi a su longitud completa como un tubo hueco antes de que se empiece a formar la pared secundaria.” (Lockuán, II. La industria textil y su control de calidad. Fibras Textiles, 2013) Como se observa en la figura 1.

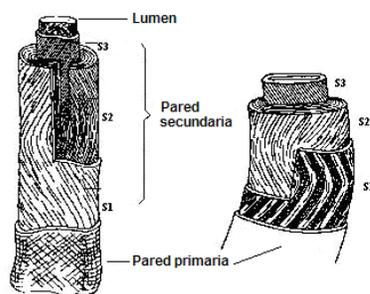


Figura 1 Estructura física de la fibra de algodón (Lockuán, 2013)

- **Pared primaria:** es una capa compuesta de fibrillas muy resistentes a los ácidos.
- **Pared secundaria:** conjunto de capas de celulosa compuesta de fibrillas en forma de espiral.
- **Lumen:** es la parte interna de la fibra por donde los nutrientes pasan para el crecimiento de la misma.

2.2.1.3 Propiedades químicas

La fibra de algodón tiene la siguiente composición química:

Tabla 2

Composición química del algodón

Materia	Porcentaje
Celulosa	94%
Proteínas	1,2%
Substancias Pépticas	1,2%
Cenzias	1,2%
Cera	0,6%
Azúcares Totales	0,3%
Otros Elementos	1,4%

Fuente: (Haro, 2011)

Como se observa en la tabla 1, la celulosa es el componente principal en la composición química de la fibra de algodón, por ende de ahí el nombre que se les da a las fibras vegetales. Además, Haro (2011) , da a conocer que las propiedades químicas de la fibra de algodón son:

- Resistencia a tratamientos con ácidos y álcalis.
- Resistente a la luz solar.
- Resiste a tratamientos de alta temperatura.
- El pH óptimo para procesos químicos.
- Resistente a los solventes orgánicos. (pp. 23)

2.2.1.4 Propiedades físicas

Carrera (2015) Menciona algunas de las propiedades físicas de la fibra de algodón como: la transpirabilidad que le permite mantenerse fresco; la capacidad de absorber 27 veces su peso en agua y la poca elasticidad por ende tiene un mayor encogimiento en comparación a otras fibras.

Además, Gil Solís (2011) añade que las propiedades de la fibra de algodón son las siguientes:

- **La finura.-** Esta dependera del espesor de la pared secundaria de la fibra. La fibra de algodón tiene una finura comprendida entre 3,3 microns.
- **La madurez.-** No es un estimado de la fibra del algodón durante el periodo de crecimiento, sino es la medida de grosor de la pared secundaria donde un deposito de camadas mayor a 2 se considera madura y menor a 2 inmadura.
- **La longitud.-** Esta se mide en milímetro o en pulgadas y dependiendo de su tamaño se pueden fabricar hilos finos o gruesos.
- **Higroscopicidad.-** El algodón tiende a absorber en un 7 a 8 % la humedad.
- **Resistencia específica.-** en seco de 3.5 y en húmedo de 4.
- **Resistencia.-** a la luz solar y a la abrasión
- **Elongación.-** en seco y húmedo de 3.
- **Color.-** el algodón va del blanco al blanco amarillento.
- **Brillo y suavidad.-** Los algodones brillantes son más suaves al tacto que los algodones mates.

2.2.2 Bambú

Es una fibra celulósica que se caracteriza por provenir de un tallo, tiene algunas ventajas en comparación de otras fibras vegetales.

2.2.2.1 Características morfológicas y sistemáticas

Escalona, Hernández , & Requena (2017) Añaden que el bambú o bambúes son plantas de la familia de las gramíneas conocido como la grama más grande del mundo, esta fibra se la puede clasificar en herbáceos y leñosos. Su crecimiento es sumamente rápido, logrando alcanzar hasta 60m de altura con 30 cm de diámetro. En la actualidad se han identificado 90 géneros de bambú y 1200 especies, las mismas que se encuentran distribuidas en todos los continentes del mundo tomando en cuenta que este tipo de fibra se desarrolla en áreas tropicales y subtropicales.

2.2.2.2 Estructura de la fibra

Pin Guerrero, Coque Arias, & Carabajo Ayala (2019) en su artículo mencionan que, la estructura del culmo de bambú es un cilindro hueco, y el lado interno está dividido por varios diafragmas que parecen ser anillos del exterior. El espacio entre los dos anillos se denomina el entre nodo, y las ramas crecen a partir de este espacio. La distancia entre cada nodo varía entre las especies. La pared del bambú consta de muchos haces vasculares, que proporcionan fuerza al culmo. Como se observa en la figura 2.

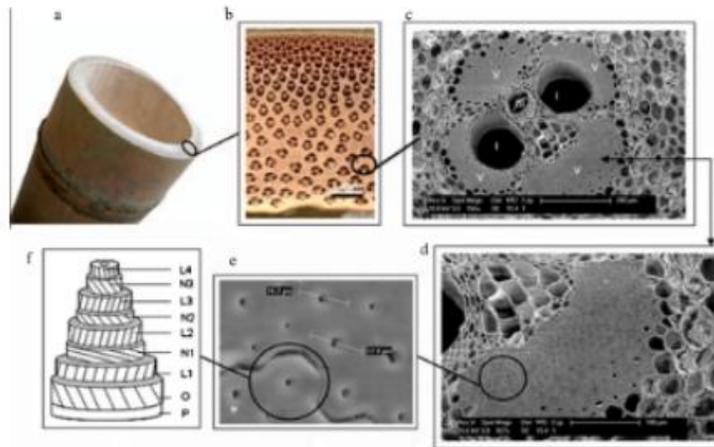


Figura 2 a) culmo de bambú, (b) sección transversal del culmo de bambú, (c) haz vascular, (d) hebra de fibra, (e) fibras elementales (f) modelo de estructura de poli lamelas de bambú. (Zakikhani, Zahari , & Majid , 2014)

2.2.2.3 Propiedades químicas

La composición química del bambú se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 3

Composición química de la fibra de bambú

Componente	% en base húmeda
Humedad	8,97
Celulosa	47,06
Lignina	21,88
Hemicelulosas	11,82
Extractivos	6,47
Cenizas	3,80

Fuente: (Cuellar & Muñoz , 2010)

2.2.2.4 Propiedades físicas

“El textil de bambú es naturalmente antibacterial y repele los olores; están suave como la seda, absorbe el sudor, transpira, protege contra los rayos ultravioleta y es antibacteriana, además, de ecológica.” (Villegas Marín & González Monroy, 2013, pp. 40)

2.2.3 Acetato de Celulosa

La fibra de acetato de celulosa proviene de la pulpa de la madera mediante procesos químicos y mecánicos, se destaca por su capacidad para aceptar los colores vivos.

2.2.3.1 Estructura de la fibra

Cómo se observa en la figura 3 la fibra de acetato de celulosa tiene una estructura cilíndrica uniforme.

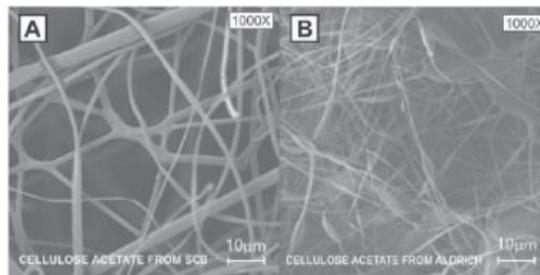


Figura 3 Micrografías de acetato de celulosa. (Duque, Rodríguez, & López, 2014)

2.2.3.2 Propiedades químicas

Urkullu Polo (2001) En su trabajo de investigación añade que:

- La fibra no soporta soluciones alcalinas.
- Las soluciones ácidas diluidas no tiene efecto sobre la fibra.
- Los oxidantes y agentes de blanqueo deben tener un control severo. (pp. 239)

2.2.3.3 Propiedades físicas

Urkullu Polo (2001) En su tesis doctoral menciona que las propiedades físicas de la fibra de acetato de celulosa son:

- La fibra es mal conductor del calor.
- Su color característico es blanco-crema.
- Tienen un brillo muy notable.
- Su densidad es baja a comparación de las demás fibras. (pp. 235)

2.2.4 Colorantes reactivos

Colindres Bonilla (2010) en su tesis añade que los colorantes reactivos Son aplicados sobre algodón principalmente y, en menor proporción, sobre lana y nylon. Al igual, que los colorantes directos, se trata de colorantes aniónicos, solubles en agua; no obstante, sus estructuras químicas son relativamente más simples, por lo que sus bandas de absorción son más estrechas y, en consecuencia, se trata de colorantes de mayor brillantez que aquellos. (pp.11) Estos colorantes se caracterizan por ser capaces de formar un enlace covalente con la celulosa de las fibras textiles en un pH alcalino y a temperaturas entre 30°C a 90°C.

2.2.4.1 Estructura molecular de los colorantes reactivos

Con respecto a la estructura molecular Cegarra, Puente, & Valleperas (1981) menciona que estos colorantes Con la fibra logra uniones del tipo covalente, su estructura molecular es: **C-S-R**, siendo:

- **C** Grupo cromóforo responsable del color.
- **S** Soporte del grupo reactivo o solubilizante; son grupos sulfónicos responsables de la solubilidad, grado de migración y sustentividad.
- **R** grupo reactivo.

2.2.4.2 Propiedades de los colorantes reactivos

En la siguiente tabla se detallan las propiedades más importantes que tienen estos colorantes.

Tabla 4

Propiedades de los colorantes reactivos

PROPIEDADES	CARACTERISTICAS
Reactividad	Determina la fijación del colorante, además, de dar a conocer la cantidad de colorante que tiende a reaccionar en un pH alcalino.
Sustantividad	Es la propiedad de los colorantes para ser absorbidos por las fibras celulósicas y su resistencia a la desorción. Como su sustentividad es menor necesita de una mayor cantidad de sal para tener un mejor agotamiento.
Poder de difusión	Estos colorantes tienen un elevado poder de difusión a diferencia de los otros colorantes usados para tinturar tejidos de fibras vegetales

Fuente: (Morillo Chandi , 2012)

2.2.4.3 Clasificación de los colorantes reactivos

Lockuán (2012) en su libro añade que los colorantes reactivos se dividen en:

- Colorantes de baja reactividad (aplicados en calientes a 80-98°C)
- Colorantes de reactividad media (se fijan a 60°C)
- Colorantes de alta reactividad (necesitan temperatura más bajas de 30 a 50°C para fijarse) (pp. 84)

2.2.5 Afinidad tintórea

Según Lavado (2012) menciona que la afinidad entre el colorante y la fibra es la capacidad de ambos para formar un enlace permanente. Cuanto mayor sea la afinidad, más fuertes y grandes son los enlaces fibra-colorante y pequeño es el enlace colorante disolvente (agua). Generalmente

también es directamente proporcional al peso molecular (tamaño molecular) del colorante. (pp. 33) Por lo tanto se da a conocer que la afinidad tintórea es la relación de la composición química que debe existir entre fibra y colorante en el proceso de tintura.

“Cuando se trata de una elevada afinidad, la tintura es rápida en el inicio de la penetración en la fibra, pero enseguida se relentiza muy poco y muy despacio.” (Llano, 2009) Como se puede apreciar en la figura 4.



Figura 4 Afinidad Tintórea alta (Llano, 2009)

Además, Llano (2009) añade que Con baja afinidad, si bien el coeficiente puede que no aumente, sin embargo la penetración al interior es más uniforme. Como se observa en la figura 5.

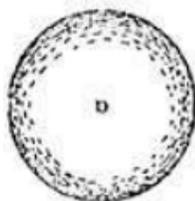


Figura 5 Afinidad tintórea baja. (Llano, 2009)

Mediante las figuras de una fibra celulósica con una sección transversal vista desde un microscopio, se puede notar que a menos afinidad tintórea será menos la absorción del colorante en la fibra aunque hay que tomar en la cuenta que la uniformidad de impregnación varía si es una afinidad alta o baja.

Sanz Domínguez (2015) menciona que los factores a considerar en la afinidad tintórea son los siguientes:

- Naturaleza química de las fibras.
- Naturaleza química de los colorantes y pigmento utilizados.
- Penetración de los colorantes en el textil.

- Poder de fijación de los colorantes o pigmentos en superficie o interiormente.
- Condiciones medioambientales a las que está expuesto.
- El uso puede alterar el color superficial por roce, pliegues, etc. (pp. 96)

2.2.6 Proceso de tintura

Son procesos donde se requiere el uso de colorantes y auxiliares de tenido para poder reproducir el color requerido dándole así al tejido tinturados más propiedades mejorando su calidad. Se recomienda tener control en este proceso para minimizar el daño en la fibra del sustrato a tintar evitando que el color resultante no sea uniforme además de evitar la pérdida de resistencia ya sea en los lavados o a la luz.

2.2.6.1 Método de tintura por agotamiento

Lockuán (2012) en su libro menciona que:

Este proceso se puede utilizar para fibras, hilos y tejidos. El tinte disuelto en el baño se adsorbe primero, es decir, el material es teñido sólo en su superficie (el resultado en esta etapa depende del movimiento, sea del baño, del sustrato, o de ambos), luego penetra en el núcleo de la fibra (la difusión del colorante se ve afectada por la temperatura y el tiempo de tintura), y finalmente migra permitiendo así la uniformidad del teñido y su consistencia (esta fase se ve afectada por la temperatura y el tiempo).

Este método se caracteriza por la disminución de la cantidad de colorante en el baño de tintura, de ahí su nombre agotamiento además del aumento de la concentración del colorante en el sustrato textil a teñir.

2.2.6.2 Auxiliares para la tintura de colorantes reactivos

Lockuán (2012) Añade en su que Los productos auxiliares deben ser disueltos o diluidos antes de su adición a las máquinas. Es muy importante la forma cómo son disueltos, debiéndose respetar los procedimientos recomendados por su fabricante: forma de disolver (producto sobre el agua o agua sobre el producto), temperatura, agitación, solubilidad, etc. (pp. 80)

2.2.6.2.1 Secuestrante

Ayudan a la eliminación de metales pesados y álcalis del sustrato a tinturar.

2.2.6.2.2 Igualante

Ayudan a la penetración del baño de tintura en el sustrato, mejorando la uniformidad del agotamiento evitando así tonos desiguales en el sustrato.

2.2.6.2.3 Humectante

Reducen la tensión superficial en la preparación facilitando la saponificación y ayudando a la penetrabilidad del colorante dentro de la fibra.

2.2.6.2.4 Electrolito

La presencia de un electrolito en el baño de tintura es de suma importancia pues permite la atracción- repulsión entre la fibra y el colorante.

2.2.6.2.5 Carbonato de sodio

En la tintura con colorantes reactivos permite la hidrolización más rápida y en mayor porcentaje en presencia de un pH alcalino.

2.2.6.2.6 Detergente

Son mezclas de sustancias no iónicas y aniónicas que actúan sobre la tensión superficial de los baños con el fin de deshacer o eliminar los residuos del colorante.

2.3 Norma de referencia

En este segmento se da a conocer la norma utilizada para la realización de la prueba de solidez del color al lavado a la cual, van a ser sometidas las muestras tinturadas.

2.3.1 Norma AATCC 61-2013 SOLIDEZ DEL COLOR AL LAVADO: ACELERADO – Método 3A

2.3.1.1 Propósito y alcance

Estas pruebas de solidez del color al lavado acelerado son realizadas para evaluar la solidez que tiene el color al lavado de textiles donde se espera que resistan a un lavado frecuente. La

degradación o cambios de color en la superficie de los sustratos tinturados resultado de la solución de detergente y la acción abrasiva de cinco lavados a mano o en el hogar, con o sin cloro, se aproximan a una prueba de solidez del color de 45min.

2.3.1.2 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

2.3.1.3 Aparatos y materiales

Según American Association Of Textile Chemists And Colorists (2010) añade que los aparatos y materiales que se utilizan en la norma son:

- 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 500ml.
- Bolas de acero inoxidable de 6mm de diámetro.
- Tejidos de prueba multifibra (bandas de relleno de 8mm) que contienen acetato, algodón, poliamida, poliéster, acrílico y lana.
- Muestras de prueba de un tamaño de 50x 150mm para el método 3A.
- Detergente de referencia estándar AATCC WOB 1993 (Sin agente blanqueador fluorescente y sin fosfato).
- Agua, destilada.

2.3.1.4 Interpretación de resultados

Los resultados de la prueba de solidez del color al lavado método 3A, se obtienen mediante el testeo con las escalas de grises de degradación y transferencia del color en el espectrofotómetro.

CAPITULO III

3 METODOLOGÍA

3.1 Método de investigación

Esta investigación evaluó la intensidad, cambio y transferencia de color, que tienen los tejidos de fibras celulósicas al ser tinturados con colorantes reactivos es exploratoria, ya que no existe estudios anteriores que sirvan de base por ende; para la realización de este trabajo no se tomó como referencia ningún estudio anterior porque no existe una investigación en donde se analice comparativamente la afinidad tintórea que tienen los colorantes reactivos en la fibra de algodón, bambú y acetato de celulosa. Siendo así, para la realización de este trabajo se usaron los métodos experimental y comparativo.

Mediante el método experimental se desarrolló las pruebas de tinción con colorantes reactivos amarillo, azul y rojo de tres casas comerciales y a tres concentraciones en tejidos de algodón, bambú y acetato de celulosa para obtener como resultado 81 muestras tinturadas, a las cuales, se les midió la intensidad de color en el espectrofotómetro, para luego proceder al desarrollo de una prueba de solidez al lavado en donde se midió el cambio y transferencia de color con la ayuda de la escala de grises. El método comparativo se desarrolló en base a los resultados que se obtuvieron de la medición de intensidad, cambio y transferencia de color de las muestras tinturadas con colorantes reactivos amarillo, azul y rojo, en donde se analizó los siguientes parámetros: tipo de fibra, concentración, la marca del colorante, determinando cual fue parámetro que tiende a influir más en la afinidad tintórea.

La investigación se realizó en tres fases: En la primera se seleccionó el tipo de tejido y los colorantes reactivos amarillo, azul y rojo de tres distintas casas comerciales; las fibras utilizadas en el trabajo fueron algodón, bambú y acetato de celulosa además de la adquisición de colorantes reactivos de las empresas Seyquin , Quimicolours y Aromcolor. En la segunda fase se procedió a la tinción de las muestras con los colorantes reactivos en tres diferentes concentraciones en el equipo Autoclave del laboratorio de la Carrera de Ingeniería Textil, donde se obtuvo 81 muestras como resultado, a las cuales se les realizará una medición de la intensidad de color en el espectrofotómetro y una prueba de solidez del color al lavado donde se obtuvo datos del cambio y

transferencia del color con la escala de grises. Y en la tercera fase se evaluó todos los datos obtenidos de las diferentes mediciones para hacer las comparaciones pertinentes donde se logró determinar las conclusiones de la investigación. Estas fases se resumen en la figura 6.



Figura 6 Metodología seguida en la investigación. (El autor)

Para hacer las pruebas de solidez del color al lavado, esta investigación se basó en la norma **AATCC MÉTODO DE PRUEBA 61-2006 SOLIDEZ DEL COLOR AL LAVADO, HOGAR Y COMERCIAL: ACELERADO**, método de prueba 3A en donde se especifica que la prueba permite evaluar la resistencia del color al lavado de textiles con condiciones más vigorosas. Las muestras sometidas a esta prueba de solidez deben presentar algún cambio de color similar al producido por cinco lavados a máquina en el hogar a una temperatura de 71°C, sin cloro.

3.2 Recopilación de la información

La información requerida para el desarrollo de este trabajo se obtuvo de fuentes secundarias a través de estudios realizados sobre fibras celulósicas, capacidad de absorción de agua en fibras vegetales, tinción con colorantes reactivos, afinidad tintórea, normas de solidez del color al lavado y entre otros temas relacionados con la investigación.

3.3 Diseño muestral

Esta investigación se enfocó en el proceso de tintura en muestras descrudadas de tejido de punto de fibras celulósicas algodón, bambú y acetato de celulosa con colorantes reactivos amarillo, azul y rojo adquiridos de tres distintas empresas Seyquiin, Quimicolours y Aromcolor, tomando en cuenta que todos estos colorantes se los utilizaron en tres concentraciones en la tintura por agotamiento donde se mantuvo la relación de baño, tiempo y curva tintura en todas las muestras.

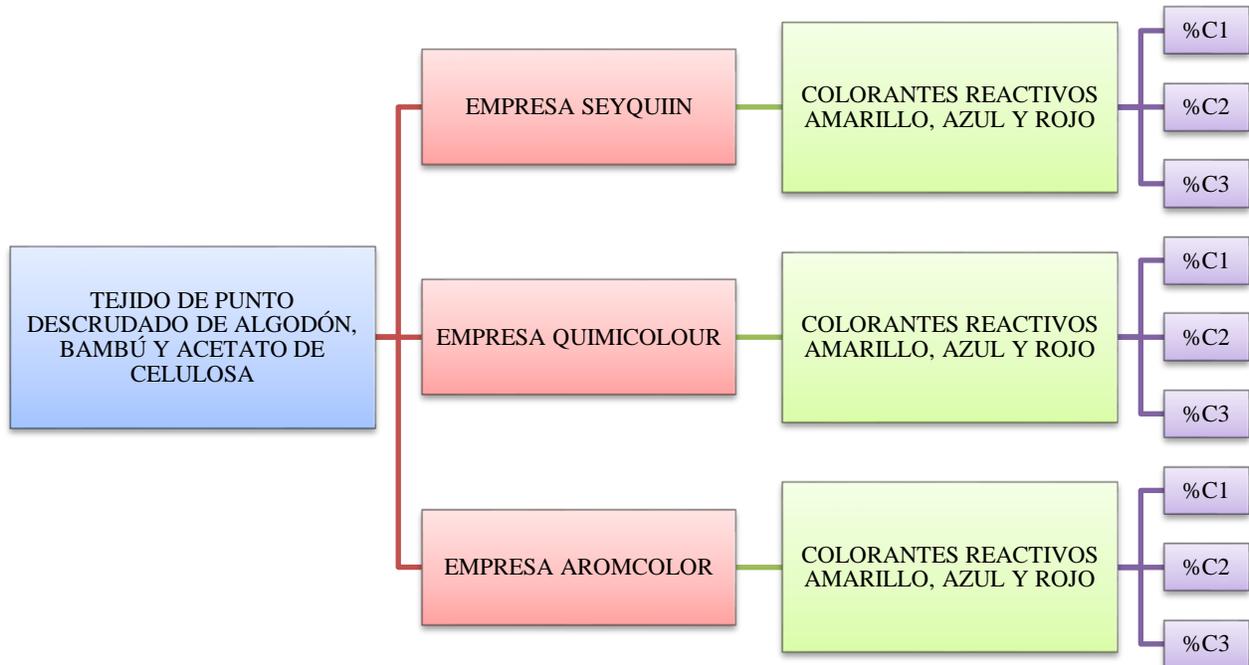


Figura 7 Diseño de muestras de tejidos, colorantes reactivos y concentraciones de la investigación. (El Autor)

En la figura 7 se representa las muestras de tejido de punto de fibras celulósicas ya descrudadas además, se detalla las empresas de donde se adquirió los colorantes reactivos amarillo, azul y rojo y para el proceso de tintura se utiliza tres concentraciones diferentes representadas en la figura por el símbolo % y la letra C.

3.4 Selección de la muestra

La selección del número de muestras para la tintura se realizó de acuerdo a la cantidad de tejidos de fibras celulósicas, marcas de colorantes, colores de los colorantes y las concentraciones usadas para el desarrollo del proceso de tintura de tejidos de fibras celulósicas con colorantes reactivos.

En el caso de los tejidos de fibras celulósicas se tomó en cuenta los tejidos de algodón, bambú y acetato de celulosa, con las siguientes especificaciones detalladas en las tablas 5,6 y 7:

Tabla 5

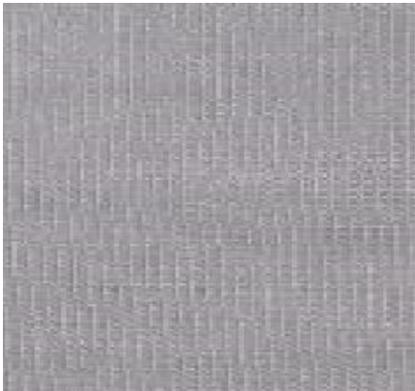
Especificaciones del tejido 100%de algodón

TEJIDO 100% ALGODÓN		
ESPECIFICACIONES		GRÁFICO
Ancho	1,69m	
Gramaje	153 $\frac{g}{m^2}$	
Rendimiento	3,87m	
Tipo de tejido	Jersey	

Fuente: (El autor)

Tabla 6

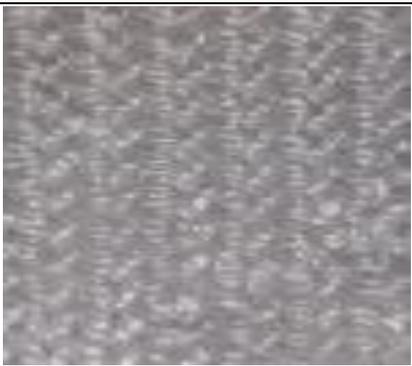
Especificaciones del tejido 100% acetato de celulosa

TEJIDO 100% ACETATO DE CELULOSA		
ESPECIFICACIONES		GRÁFICO
Ancho	1,65m	
Gramaje	172 $\frac{g}{m^2}$	
Rendimiento	3,52m	
Tipo de tejido	Jersey	

Fuente: (El autor)

Tabla 7

Especificaciones del tejido 100% bambú

TEJIDO 100% BAMBÚ		
ESPECIFICACIONES		GRÁFICO
Ancho	1m	
Gramaje	294 $\frac{g}{m^2}$	
Rendimiento	3,40m	
Tipo de tejido	Jersey	

Fuente: (El autor)

Las marcas de colorantes consideradas para este estudio fueron las casas comerciales Seyquiin, Quimicolours y Aromcolor, donde se adquirieron los colorantes; en cuanto a los colores de los colorantes reactivos se seleccionó el amarillo, azul y rojo por ser los más usados en la industria textil ya que, permiten el desarrollo de más colores con la combinación de estos. Los colorantes reactivos usados para esta investigación son:

De la marca comercial Seyquiin

- Bodactive Amarillo BNC-GL
- Sunzol Blue RS 150%
- Bodactive Rojo BNC

De la marca comercial Quimicolours

- Everzol Amarillo 3GL H/C
- Everzol Azul R S/P H/C
- Everzol Rojo 3BS H/C

De la marca comercial Aromcolor

- Drimaren Amarillo CL-3Gc
- Drimaren Azul CL-BR
- Drimaren Rojo CL-5Bc

En el proceso de tintura se consideró utilizar tres diferentes concentraciones de colorante 0,5 %, 1% y 3% para tener datos en tonos bajos, medios y oscuros; por lo que se tuvo como resultado 81 muestras tinturas.

En la figura 8 se resume todo lo anteriormente mencionado para la realización de la parte práctica de este trabajo de investigación,

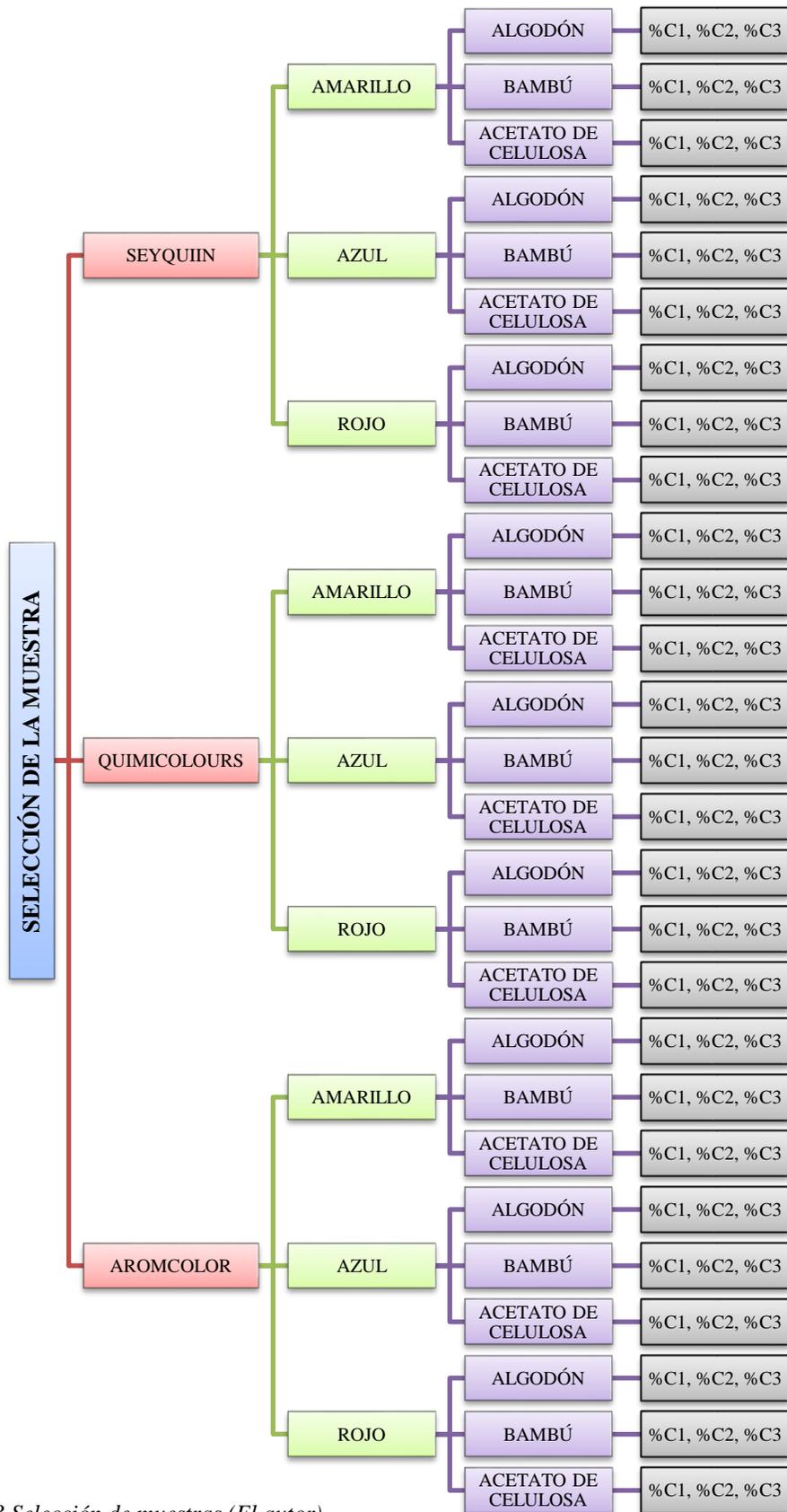


Figura 8 Selección de muestras (El autor)

3.5 Metodología de campo

En esta investigación se evaluó la intensidad, cambio y transferencia de color de colorantes reactivos amarillo, azul y rojo en tejidos de punto de algodón, bambú y acetato de celulosa. Para lo cual se inició con la obtención de bases teóricas y tener mayor comprensión sobre el tema a tratar para continuar con el método experimental donde se procedió a realizar las pruebas de tintura por agotamiento con colorantes reactivos amarillo, azul y rojo en las fibras antes mencionadas con tres marcas de colorante y a tres concentraciones. Luego se evaluará la intensidad de color en el espectrofotómetro; posteriormente las muestras serán sometidas a pruebas de solidez de color al lavado donde se evaluará el cambio y transferencia de color; con el método comparativo se analizó los resultados espectrofotométricos de intensidad, cambio y transferencia de color, para al final dar las respectivas conclusiones y recomendaciones en donde se determinó cuál de los colorantes reactivos tiene mayor afinidad tintórea y además de determinar cuál de los parámetros fibra, marca o concentración es aquel que influye más en la afinidad tintórea. En la figura 9 se resume la metodología de campo.

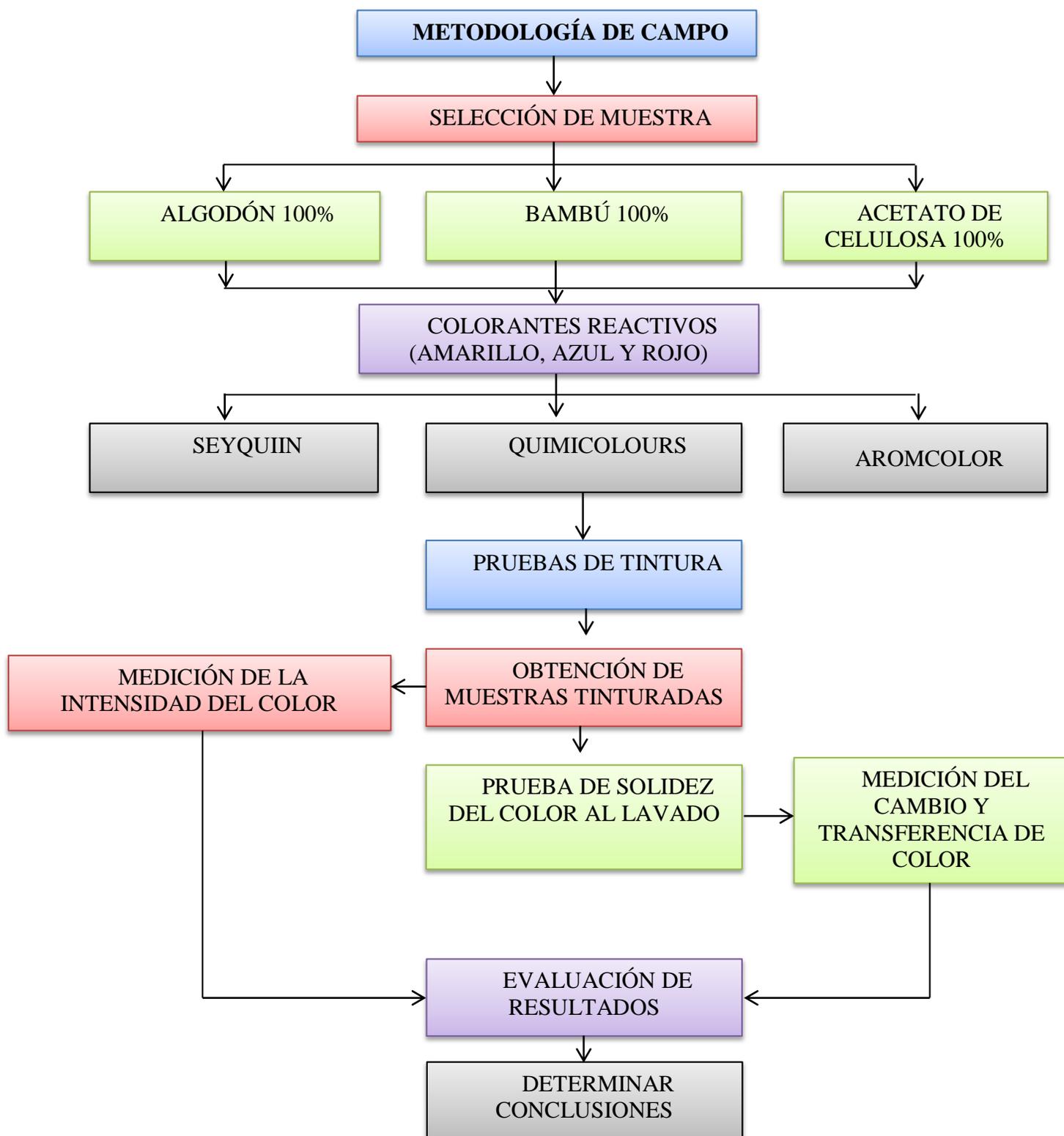


Figura 9 Estructura del proceso de investigación de campo. (El Autor)

3.5.1 Proceso de tintura

Las pruebas de tintura de los tejidos de punto de algodón, bambú y acetato de celulosa se desarrollaron en la máquina de tintura Autoclave del laboratorio de la Carrera de Ingeniería Textil. Para el desarrollo del estudio se tinturaron 81 muestras, utilizando nueve colorantes reactivos, a tres diferentes concentraciones, los mismos que fueron adquiridos de tres distintas casas comerciales las cuales son reconocidas en la industria textil, por ofertar productos de calidad haciendo que la investigación sea más confiable en la obtención de resultados para determinar que parámetro es aquel que influye más en la afinidad tintórea de colorantes reactivos. En la figura 10 se resume el proceso de tintura que se llevó a cabo en la investigación.



Figura 10 Proceso de tintura (El autor)

En todas las pruebas de tintura el peso de la muestra del tejido de punto de algodón, bambú y acetato de celulosa fue de 8 gr para cada una. La relación de baño que se utilizó fue de 1:10, relación con la cual se obtiene los mejores resultados en la tintura de fibras celulósicas, el volumen que se usó fue de 80 ml de agua en cada posición de trabajo de la máquina de tintura Autoclave. Y para mantener las mismas condiciones en las 81 pruebas de tintura, se siguió la misma curva tintura con todos sus parámetros correspondientes. Además, es clave resaltar que todas las pruebas

de tintura se realizaron en la misma materia prima la cual fue tratada con anticipación, manteniendo igual las condiciones iniciales en todas las muestras de tejido de punto.

Para el proceso de tintura se utilizaron hojas de prueba de tintura que sirven de guía para evitar cometer un error con la cantidad en gramos o mililitros que se deben utilizar de los colorantes y auxiliares; además del volumen y peso del sustrato en la tintura por agotamiento. En la siguiente tabla se observa la hoja de muestra utilizada para los diferentes tejidos de fibras celulósicas.

Tabla 8

Hoja prueba de tintura para los tejidos de algodón, bambú y acetato de celulosa.

HOJAPRUEBA DE TINTURA				Hoja 1
Material:	Algodón 100%		R/B:	1:10
Peso:	8 g		Peso:	8 g
Tela:	Jersey		Volumen:	80ml
Color:	Amarillo		Fecha:	10/02/2020
PROCESO DE TINTURA				
Auxiliares	g/l	%	g	ml
Secuestrante	1		0,08	
Igualante	1			0,08
Humectante	0,5			0,04
Sal	60		4,8	
Carbonato de sodio	20		1,6	
Colorantes reactivos	g/l	%	g	ml
Bodactive Amarillo BNC-GL		3	0,24	
Sunzol Blue RS 150%		3	0,24	
Bodactive Rojo BNC		3	0,24	
Everzol Amarillo 3GL H/C		3	0,24	
Everzol Azul R S/P H/C		3	0,24	
Everzol Rojo 3BS H/C		3	0,24	
Drimaren Amarillo CL-3Gc		3	0,24	
Drimaren Azul CL-BR		3	0,24	
Drimaren Rojo CL-5Bc		3	0,24	
LAVADO REACTIVO				
Detergente	1			0,08
Ácido cítrico	0,5			0,04

Fuente: (El autor)

La curva de tintura por agotamiento de colorantes reactivos en tejidos de fibras de celulósicas para realizar todos los 81 ensayos es la que se muestra en la figura 11.

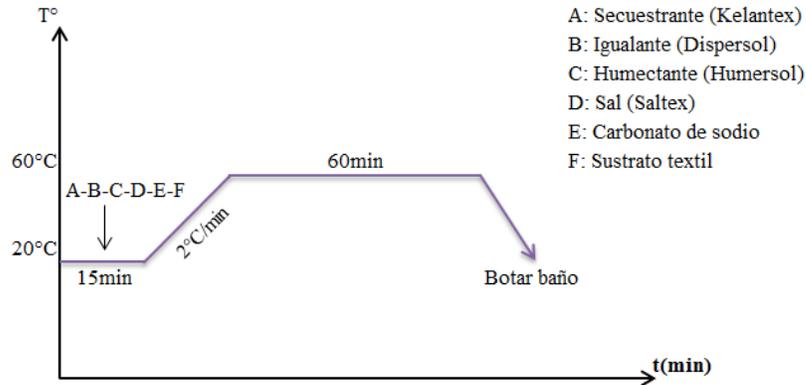


Figura 11 Curva de Tintura con colorantes reactivos. (El Autor)

Como se observa en la figura 11. La curva de tintura inicia a los 20°C donde se colocan los productos auxiliares, colorante y el sustrato textil a tinturar. Una vez cargado los vasos en la máquina Autoclave se eleva la temperatura con una gradiente de 2°C/min hasta llegar a los 60°C, donde se mantendrá el agotamiento por 60min, para luego finalizar botando el baño y realizar un lavado reactivo a 80°C por 5 min siguiente la curva que se muestra en la figura 12.

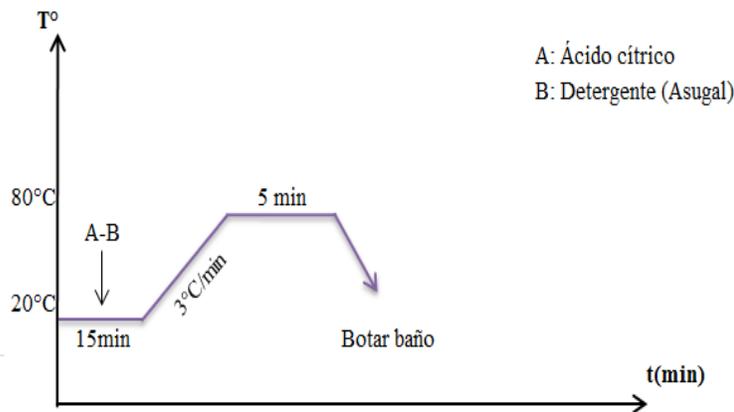
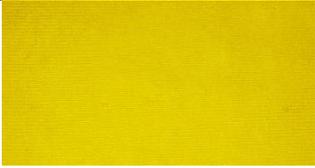


Figura 12 Curva de lavado reactivo (El autor)

Después de haber realizado todo el proceso de tintura, se lograron obtener las 81 muestras tinturadas con los colorantes reactivos amarillo, azul y rojo en los tejidos de algodón, bambú y acetato de celulosa. En las siguientes tablas 9,10 y 11 se observan las muestras después de haber sido tinturadas a tres concentraciones.

Tabla 9

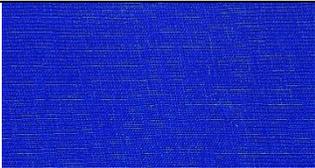
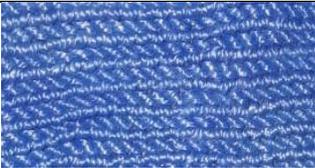
Muestras tinturadas con colorante amarillo

COLORANTE REACTIVO AMARILLO			
TEJIDO	3%	1%	0,5%
ALGODÓN			
BAMBÚ			
ACETATO DE CELULOSA			

Fuente: (El autor)

Tabla 10

Muestras tinturadas con colorante amarillo

COLORANTE REACTIVO AZUL			
TEJIDO	3%	1%	0,5%
ALGODÓN			
BAMBÚ			
ACETATO DE CELULOSA			

Fuente: (El autor)

Tabla 11

Muestras tinturadas con colorante rojo

COLORANTE REACTIVO ROJO			
TEJIDO	3%	1%	0,5%
ALGODÓN			
BAMBÚ			
ACETATO DE CELULOSA			

Fuente: (El autor)

3.5.2 Medición de intensidad de color en el espectrofotómetro

Después de haber tinturado las 81 muestras, estas se sometieron a una medición de intensidad de color en el espectrofotómetro donde se obtuvieron valores del sistema Cielab y sobre todo el porcentaje de fuerza del colorante %STR-SWL el cual se tomó en cuenta para realizar el respectivo análisis de intensidad de color tomando como referencia a las muestras tinturadas con colorantes reactivos de la marca comercial Seyquiin.

El sistema Cielab se encuentra formado por 4 cuadrantes divididos en color verde, amarillo, rojo y azul, donde los valores positivos son los del cuadrante superior y los valores negativos pertenecen al cuadrante inferior. Los valores que se tomaron como referencia para la evaluación de los resultados son:

- **L**= determina que tan claro u oscuro es la muestra a medir, tomando en cuenta que los tonos claros se los reconoce con la letra **L** de light (claro) y los oscuros con letra **D** de dark (oscuro).
- **a*** = Matiz de color entre el verde y rojo.

- **b***= Matiz de color entre el azul y el amarillo.
- **c***= claridad de color.

3.5.2.1 Absorbancia a una sola longitud de onda (SWL)

“El valor de intensidad es un valor numérico único relacionado con la cantidad de material absorbente de color (colorante) contenida en un espécimen.” (American Association Of Textile Chemists And Colorists, 2010)

El valor de intensidad del color se puede calcular mediante cualquiera de los cuatro métodos aceptables SWL, SUM, WSUM y TSVSTR. El valor que resulta de un método puede no coincidir con cualquier otro método. La elección del método suele depender de la naturaleza de la muestra y de la necesidad de obtener un valor de intensidad del color. Para la realización de este estudio se eligió el método SWL ya que, permite determinar la absorbancia que tienen las muestras tinturadas.

En los valores resultantes del espectrofotómetro este dato se lo identifica como %STR-SWL, el cual se tomó como referencia para la evaluación de la intensidad del color de las muestras tinturadas con colorantes reactivos amarillo, azul y rojo en los tejidos de algodón, bambú y acetato de celulosa a tres concentraciones para así lograr determinar el colorante reactivo con mayor afinidad independientemente de los parámetros fibra, marca y concentración del colorante.

3.5.3 Prueba de solidez del color al lavado

Para realizar la prueba de solidez al color al lavado de las muestras de algodón, bambú y acetato de celulosa tinturados con colorantes reactivos se tomó como referencia la norma **AATCC 61-2003 SOLIDEZ DEL COLOR AL LAVADO, HOGAR Y COMERCIAL: ACELERADO-método de prueba 3A**, en la cual se detallan los parámetros que se deben seguir para obtener datos válidos que al final fueron analizados. En la tabla 12 se da a conocer las condiciones a seguir.

Tabla 12*Parámetros de prueba Método 3A de solidez al color al lavado*

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	%Detergente (Polvo)	%Detergente (Líquido)	Balines (#)	Agua destilada (ml)
71	45	0,15	0,23	100	50

Fuente: (American Association Of Textile Chemists And Colorists, 2010)

Se debe considerar que esta prueba se realizó en la máquina de tinte Autoclave del laboratorio de la Carrera de Ingeniería Textil, en el cual se ingresó todas las condiciones de lavado para que la máquina de manera automática proceda al desarrollo de la prueba de solidez al color al lavado.

En las siguientes tablas se puede apreciar las muestras tinturadas al 3% de concentración de colorante reactivo amarillo, azul y rojo, las cuales fueron sometidas a la prueba de solidez del color al lavado.

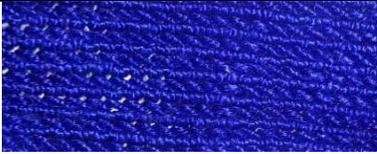
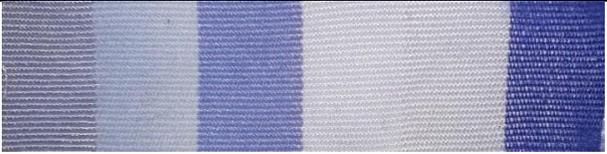
Tabla 13*Muestras amarillas sometidas a la prueba de solidez del color*

COLORANTE REACTIVO AMARILLO		
TEJIDO	DEGRADACIÓN	TRANSFERENCIA
ALGODÓN		
BAMBÚ		
ACETATO DE CELULOSA		

Fuente: (El autor)

Tabla 14

Muestras azules sometidas a la prueba de solidez del color

COLORANTE REACTIVO AZUL		
TEJIDO	DEGRADACIÓN	TRANSFERENCIA
ALGODÓN		
BAMBÚ		
ACETATO DE CELULOSA		

Fuente: (El autor)

Tabla 15

Muestras rojas sometidas a la prueba de solidez del color

COLORANTE REACTIVO ROJO		
TEJIDO	DEGRADACIÓN	TRANSFERENCIA
ALGODÓN		
BAMBÚ		
ACETATO DE CELULOSA		

Fuente: (El autor)

3.5.3.1 Medición del cambio de color y transferencia de color mediante la escala de grises

Para la evaluación del cambio y transferencia de color a las muestras sometidas a la prueba de solidez al color al lavado se realizó a través de la escala de grises.

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. Bureau of Indian Standards (2013) añade que 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. La mitad inferior de cada par muestra el color inicial y a la mitad superior muestra el color de la tela tratada. En la figura 13 se da a conocer la escala de grises que se utilizó para la obtención de datos de cambio de color.

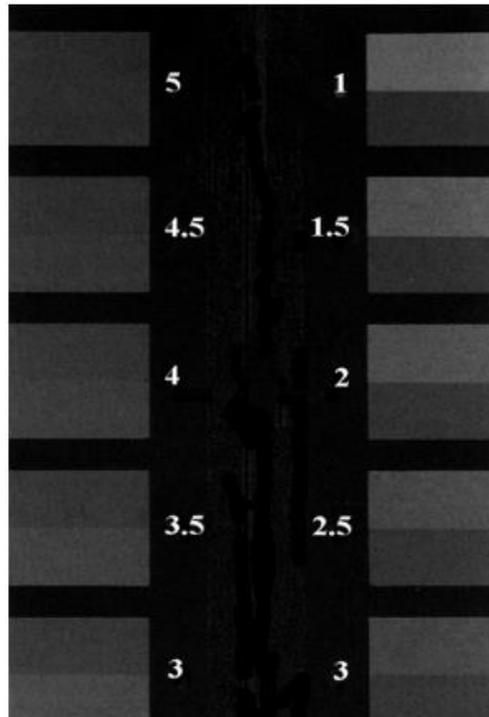


Figura 13 Escala de grises para cambio de color (Datacolor, 2016)

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. 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 la figura 14 se observa la escala de grises que se utilizó para la transferencia de color de las muestras tinturadas.

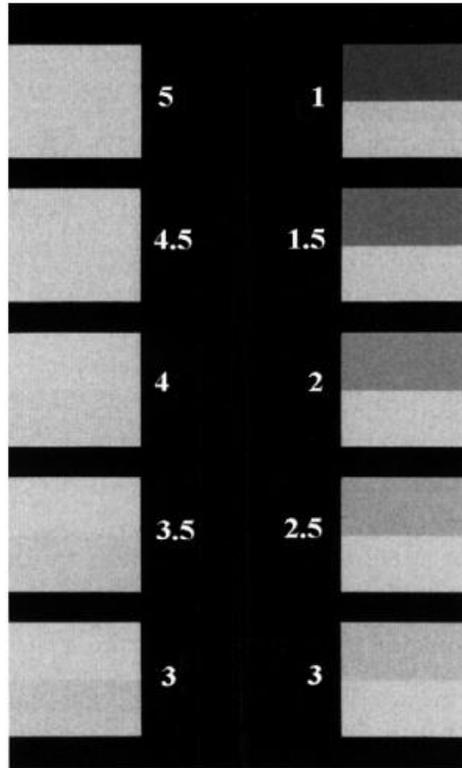


Figura 14. Escala de grises para tinción o transferencia de color (Datacolor, 2016)

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 en la multifibra 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

Siendo así, para medir el cambio de color se tomó como referencia la muestra que no fue sometida a la prueba de solidez al lavado, para luego ser comparada con la muestra resultante del método de prueba 3A. En el caso de la transferencia de color también se establecerá un patrón el cual servirá de guía para verificar la transmisión de color a la multifibra y obtener datos de las dos mediciones para realizar el análisis comparativo entre los colorantes reactivos amarillo, azul y rojo.

3.6 Métodos y técnicas estadísticas utilizadas

Para la evaluación de los resultados que se obtuvieron de las distintas pruebas realizadas en la investigación se utilizó los métodos descriptivo y comparativo. Mediante estos métodos se logró la mayor comprensión de todo el proceso de tintura, pruebas de solidez al color al lavado y las

mediciones de la intensidad, cambio y transferencia de color de todas las muestras tinturadas con colorantes reactivos. Para luego proceder al análisis comparativo de todos los datos que fueron resultados de las pruebas desarrolladas en la investigación.

3.7 Procesamiento de datos

Para el procesamiento de datos se utilizaron herramientas de Microsoft por la facilidad de uso de los programas de Word y Excel, los mismos que fueron utilizados para la redacción de la información, realización tablas, cálculos de datos y representaciones gráficas, para mayor comprensión y entendimiento a la hora de interpretar los resultados de la investigación desarrollada.

CAPITULO IV

4 RESULTADOS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se dan a conocer los resultados obtenidos de las diferentes etapas de investigación realizadas para continuar con el desarrollo del análisis comparativo y con su respectiva evaluación estadística. Se presentan los resultados de la intensidad de color de la tintura por agotamiento con colorantes reactivos amarillo, azul y rojo en tejidos de fibras celulósicas como son: algodón, bambú y acetato de celulosa además de los datos obtenidos de la transferencia y degradación de las diferentes muestras sometidas a la prueba de solidez al lavado acelerado del método 3A. Para luego realizar la evaluación estadística y comparativa con los datos adquiridos.

4.1 Resultados

En esta sección se pueden apreciar los valores resultantes de intensidad, degradación y transferencia del color obtenidos con la ayuda del equipo espectrofotómetro.

4.1.1 Intensidad de color en colorantes reactivos

En la siguiente tabla se presentan los datos obtenidos de la intensidad de color testada por el equipo espectrofotómetro de las muestras tinturadas con colorantes reactivos amarillo, azul y rojo de tres casas comerciales, a tres concentraciones y en tres tejidos de fibras celulósicas.

Tabla 16

Tabla de valores de la intensidad de color

		INTENSIDAD DE COLOR (%)								
FIBRA	MARCA	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	90,13	88,72	99,35	105,64	109,83	106,61	105,78	96,41	93,00
	AROMCOLOR	83,01	79,94	93,69	113,51	97,41	94,23	105,89	82,21	81,10
BAMBÚ	SEYQUIIN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	QUIMICOLOURS	95,67	91,08	93,74	95,28	105,03	97,47	99,04	91,36	91,98
	AROMCOLOR	88,52	80,50	88,15	120,81	108,26	79,83	94,36	91,40	78,88
ACETATO DE CELULOSA	SEYQUIIN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	QUIMICOLOURS	86,68	83,71	94,36	105,43	107,68	102,38	102,77	94,59	89,87
	AROMCOLOR	83,98	86,85	101,83	140,61	125,90	95,09	94,36	75,96	80,89

En la tabla 16 se puede apreciar que los datos de los colorantes reactivos amarillo, azul y rojo de la marca comercial Seyquiin fueron tomados como referencia para partir de ahí la diferencia de intensidad que existe por cada fibra celulósica.

4.1.2 Prueba de solidez del color al lavado

En esta parte se pueden apreciar los datos obtenidos de la prueba de solidez del color al lavado método 3A, a través de las escalas de grises del equipo espectrofotómetro para determinar el grado de cambio y transferencia de color de las muestras tinturas con colorantes reactivos.

4.1.2.1 Cambio o degradación del color

En la siguiente tabla se da a conocer los datos obtenidos con la escala de grises del espectrofotómetro de las muestras tinturas sometidas a la prueba de solidez del color al lavado.

Tabla 17

Valores del cambio o degradación del color

DEGRADACIÓN O CAMBIO DE COLOR										
COLOR	%	SEYQUIN			QUIMICOLOURS			AROMCOLOR		
		Algodón	Bambú	Acetato	Algodón	Bambú	Acetato	Algodón	Bambú	Acetato
AMARILLO	3,00%	4,5	4	4	4	3	3,5	4	4	3,5
	1%	4	4	4,5	4,5	4,5	1,5	2	3	4
	0,5%	4	2,5	3	3	3,5	3,5	4	3,5	3,5
AZUL	3,00%	3	4,5	4,5	4	2,5	4,5	4	4,5	4,5
	1%	3	3,5	2	2	4	3	2	3	3
	0,5%	3,5	3,5	4	2	3,5	4,5	3	4	2
ROJO	3,00%	4,5	3,5	4,5	4,5	4,5	4,5	5	4,5	4,5
	1%	4	3	3	3	3	4	4	3	3,5
	0,5%	4	3	3	3	3	3,5	4	3,5	3

Fuente: (El autor)

Como se puede apreciar en la tabla 17 los datos de la degradación del color, con respecto a los colores de los colorantes, el amarillo de Seyquiin y Quimicolours en el algodón tienen un menor grado de degradación pero el amarillo de Aromcolor tiene menor grado en el acetato; el azul de la empresa Seyquiin y Aromcolor coinciden que en el bambú tiene menor degradación aunque en el caso del azul de la empresa Quimicolours en el acetato es donde hay menor degradación ; en el colorante rojo de las empresa Seyquiin y Aromcolor coinciden que el tejido de algodón tiende a degradarse menos aunque el colorante de Quimicolours se degrada menos en el tejido de acetato.

4.1.2.2 Transferencia de color

Tabla 18

Valores de la transferencia de color

		TRANSFERENCIA DE COLOR																										
Color	Multifibra	ALGODÓN									BAMBU									ACETATO								
		Seyquiin			Quimicolours			Aromcolor			Seyquiin			Quimicolours			Aromcolor			Seyquiin		Quimicolours		Aromcolor				
		3	1	0,5	3	1	0,5	3	1	0,5	3	1	0,5	3	1	0,5	3	1	0,5	3	1	0,5	3	1	0,5			
AMARILLO	Acetato	4,5	4,5	5	4	4,5	4,5	4,5	4,5	5	4,5	4,5	4,5	4	4,5	4,5	4	4,5	4,5	5	5	5	4,5	4,5	5	5	5	5
	Algodón	3	4	4	2	3,5	3,5	3	3,5	3,5	2,5	4,5	4,5	2	4	4,5	2,5	4,5	4,5	3,5	3,5	3,5	3	3,5	3,5	4,5	3,5	3,5
	Poliamida	3,5	5	5	2	5	5	4	5	5	3,5	5	4,5	2	5	5	4,5	5	5	3,5	3,5	3,5	2,5	5	5	4,5	5	5
	Poliéster	4,5	4,5	5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	5	5	4,5	5	4	4,5	4,5	5	4,5	4,5	4,5	5	4,5	4,5	5	5	4,5	4,5	4,5
	Acrílico	4,5	4,5	4,5	4	4,5	4,5	4	2,5	4,5	4	4,5	4,5	3,5	4	4,5	4	4,5	4,5	3,5	3,5	4,5	4	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
	Lana	3	4,5	4,5	2	4,5	4,5	3,5	4,5	4,5	2,5	3,5	4,5	2	4	4	3	4	4,5	3	4,5	5	2,5	5	4,5	3,5	5	5
AZUL	Acetato	3,5	5	3,5	3	4,5	4,5	3,5	5	5	3	5	4	2,5	4,5	4,5	2,5	4,5	4,5	3,5	4,5	4,5	3	4,5	4,5	3,5	4,5	4,5
	Algodón	2,5	3	3	2	3,5	3,5	2,5	3	3	3	5	5	2,5	5	4,5	2,5	5	5	2,5	4	3,5	3	3,5	3,5	2,5	3,5	3,5
	Poliamida	2	5	4,5	1,5	5	5	2	5	5	2	4,5	4,5	1,5	4,5	4,5	1,5	4,5	4,5	2	4,5	5	2	4,5	5	2	4,5	4,5
	Poliéster	4,5	4,5	4,5	4,5	5	5	4	5	5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	5	5	4,5	5	4,5	5	5	2	5	5	4,5	4,5	4,5
	Acrílico	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4	4,5	4,5	2,5	3,5	4,5	3,5	4,5	4,5	4	4,5	4	4,5	4,5	4,5	4	4,5	4,5	4	4,5	4,5
	Lana	1,5	3	4,5	1	4	3,5	1,5	4,5	4,5	1,5	3,5	4	1	4	4	1	3,5	4,5	1,5	4,5	5	1,5	4	4,5	1	4,5	5
ROJO	Acetato	4,5	5	4,5	4,5	5	5	5	5	5	5	5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	5	5	4,5	5	5	5	4,5	5	4,5
	Algodón	3	3	3,5	2,5	3	3	3	3	3	3	4,5	4,5	2,5	4,5	4,5	3	4,5	4,5	4	4,5	3,5	3	3,5	3,5	3	3,5	3,5
	Poliamida	4,5	5	5	4,5	4,5	5	4,5	5	5	4	5	4,5	4,5	4,5	2	4,5	4,5	4,5	4	4,5	5	4,5	4,5	5	4,5	5	4,5
	Poliéster	4,5	5	5	4,5	5	5	4,5	5	5	4,5	4,5	4,5	4,5	5	4,5	4	4,5	4,5	4,5	5	5	4,5	4,5	5	4,5	5	5
	Acrílico	4	4,5	4,5	4	4,5	4,5	4	4,5	4,5	4	4,5	4,5	3,5	4,5	4,5	4,5	3	3,5	4,5	4,5	4,5	5	4	4,5	4,5	4,5	4,5
	Lana	4	3	4,5	3,5	3,5	4,5	4	4,5	5	4	4,5	4,5	2,5	5	4	4	2,5	4	3,5	5	4,5	3,5	5	4,5	4	5	5

En la tabla 18 se puede observar el grado de transferencia que han tenido las diferentes muestras tinturadas donde se aprecia que hubo mayor transferencia en los sustratos tinturados con los colorantes amarillo y azul en las fibras de algodón, poliamida y lana de la multifibra, aunque con las muestras tinturadas con el colorante rojo en la multifibra las fibras en donde se transfirió mayor grado de colorante fueron en algodón y lana; de acuerdo con los colorantes reactivos de las empresas Seyquiin, Quimicolours y Aromcolor los valores resultantes son casi similares en la transferencia de las muestras tinturadas en algodón, bambú y acetato de celulosa; según las concentraciones de los colorantes reactivos amarillo, azul y rojo que se utilizaron para tintura de los tejidos de fibras celulósicas se obtuvo mayor transferencia con el 3% a diferencia del 1% y 0,5% del colorante usado donde la transferencia no fue tan visible.

4.2 Evaluación de resultados

El análisis de los valores obtenidos se realizó mediante la estadística descriptiva, a través de tendencia central y de dispersión, la media y el coeficiente de variación a través de un análisis comparativo entre los valores obtenidos de cada uno de los colorantes reactivos amarillos, azul y rojo además de la comparación entre marca de colorante, tipo de fibra celulósica y el porcentaje de colorante para así lograr determinar el mayor o menor grado de afinidad tintórea y solidez del color al lavado.

4.2.1 Normalidad de los datos

Antes de someter los datos resultantes a un análisis estadístico, se deben pasar los valores obtenidos de la intensidad de color y prueba de solidez del color al lavado en donde intervienen la degradación y la transferencia de color a un test de normalidad en el programa estadístico PAST. Para saber con certeza que los datos que se van a utilizar pueden ser sometidos a tratamientos estadísticos.

4.2.1.1 Normalidad intensidad del color

En la siguiente tabla se da a conocer los resultados del test de normalidad de la tabla 16, en la cual están los valores de la intensidad del color tomando como referencia los colorantes de la marca comercial Seyquiin.

Tabla 19*Test de normalidad de los resultados de la intensidad de color*

Métodos	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	0,869	0,8711	0,8688	0,8319	0,8289	0,8482	0,9022	0,8571	0,8637
p(normal)	0,12	0,1264	0,1195	0,04692	0,04341	0,07116	0,2651	0,08907	0,1052
Anderson-Darling A	0,4764	0,4581	0,6054	0,6678	0,6371	0,637	0,4002	0,5379	0,4987
p(normal)	0,1766	0,1983	0,07901	0,05329	0,0647	0,06472	0,2843	0,1185	0,153
p(Monte Carlo)	0,1865	0,208	0,0776	0,0545	0,0656	0,0649	0,3023	0,1238	0,1604
Lilliefors L	0,2061	0,2187	0,2706	0,261	0,2187	0,2312	0,19	0,227	0,1989
p(normal)	0,3253	0,2422	0,05438	0,07377	0,242	0,1759	0,4523	0,1961	0,3794
p(Monte Carlo)	0,3298	0,2434	0,0575	0,0772	0,2417	0,1743	0,4524	0,1977	0,3797
Jarque-Bera JB	0,9725	0,8671	0,8821	2,755	3,226	3,513	0,366	1,322	0,8872
p(normal)	0,6149	0,6482	0,6434	0,2522	0,1993	0,1726	0,8328	0,5164	0,6417
p(Monte Carlo)	0,2422	0,3155	0,3116	0,0322	0,0261	0,0214	0,794	0,1223	0,3011

Fuente: (El autor)

Como se puede apreciar en la tabla 19 la mayoría de los datos tienen un valor mayor a 0,05 superando el nivel de confiabilidad para ser sometidos a un tratamiento estadístico.

4.2.1.2 Normalidad degradación del color

Tabla 20*Test de normalidad de los resultados de degradación de color*

Métodos	DEGRADACIÓN DEL COLOR								
	SEYQUIN			QUIMICOLOURS			AROMCOLOR		
	Algodón	Bambú	Acetato	Algodón	Bambú	Acetato	Algodón	Bambú	Acetato
N	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Shapiro-Wilk W	0,8506	0,9631	0,8647	0,8845	0,9115	0,8446	0,9371	0,8696	0,9299
p(normal)	0,0757	0,8299	0,1079	0,1751	0,3267	0,06497	0,5518	0,1216	0,4802
Anderson-Darling A	0,5554	0,261	0,5606	0,4483	0,3886	0,5669	0,3546	0,4632	0,3246
p(normal)	0,1083	0,6125	0,1049	0,211	0,305	0,1008	0,3743	0,192	0,4471
p(Monte Carlo)	0,1103	0,6577	0,1035	0,2163	0,3321	0,103	0,4003	0,2012	0,4665
Lilliefors L	0,24	0,1667	0,2238	0,1989	0,2047	0,2318	0,2071	0,1952	0,1667
p(normal)	0,138	0,6629	0,213	0,3792	0,3352	0,1732	0,318	0,4089	0,6629
p(Monte Carlo)	0,1405	0,6772	0,2183	0,3839	0,3406	0,1815	0,3267	0,4131	0,6737
Jarque-Bera JB	0,8557	0,2109	0,7357	0,6976	0,6336	2,01	0,515	0,8082	0,3
p(normal)	0,6519	0,8999	0,6922	0,7055	0,7285	0,3661	0,773	0,6676	0,8607
p(Monte Carlo)	0,3254	0,9045	0,4324	0,469	0,5379	0,0658	0,6613	0,3698	0,8481

En la tabla 20 el test de normalidad ha dado como resultado en todos sus métodos un valor mayor a 0,05 en sus datos por ende se puede realizar un análisis estadístico por tener un nivel de confiabilidad alto.

4.2.1.3 Normalidad transferencia del color

En la siguiente tabla se da a conocer los resultados del test de normalidad de la tabla 18, en la cual están los valores de la degradación del color.

Tabla 21

Test de normalidad de los resultados de transferencia de color

Métodos	TRANSFERENCIA DE COLOR																										
	ALGODÓN									BAMBU									ACETATO								
	Seyquiin			Quimicolours			Aromcolor			Seyquiin			Quimicolours			Aromcolor			Seyquiin		Quimicolours		Aromcolor				
N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18		
Shapiro-Wilk W	0,91	0,91	0,9	0,92	0,91	0,9	0,91	0,91	0,9	0,94	0,92	0,91	0,91	0,92	0,92	0,9	0,9	0,92	0,91	0,9	0,9	0,93	0,9	0,91	0,91	0,9	
p(normal)	0,08	0,08	0,05	0,13	0,09	0,05	0,08	0,09	0,05	0,35	0,11	0,09	0,1	0,11	0,11	0,06	0,05	0,11	0,1	0,05	0,05	0,22	0,05	0,09	0,09	0,1	0,07
Anderson-Darling A	0,68	0,62	0,7	0,58	0,66	0,7	0,64	0,66	0,7	0,42	0,61	0,66	0,6	0,71	0,69	0,61	0,7	0,69	0,62	0,7	0,7	0,48	0,7	0,66	0,6	0,56	0,69
p(normal)	0,06	0,09	0,06	0,11	0,07	0,06	0,08	0,07	0,06	0,3	0,1	0,07	0,1	0,05	0,06	0,09	0,06	0,06	0,09	0,06	0,06	0,21	0,06	0,07	0,1	0,13	0,06
p(Monte Carlo)	0,06	0,09	0,05	0,11	0,07	0,06	0,08	0,07	0,06	0,3	0,1	0,07	0,11	0,05	0,06	0,09	0,06	0,06	0,09	0,06	0,05	0,22	0,06	0,07	0,1	0,13	0,06
Lilliefors L	0,19	0,18	0,19	0,19	0,17	0,19	0,19	0,17	0,18	0,18	0,18	0,17	0,19	0,19	0,19	0,17	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,17	0,19	0,17	0,2	0,15	0,18
p(normal)	0,07	0,15	0,07	0,08	0,19	0,07	0,07	0,19	0,11	0,1	0,13	0,19	0,09	0,07	0,07	0,15	0,07	0,07	0,09	0,11	0,11	0,21	0,07	0,19	0,06	0,32	0,15
p(Monte Carlo)	0,07	0,14	0,07	0,08	0,19	0,07	0,07	0,19	0,11	0,11	0,13	0,19	0,09	0,07	0,07	0,15	0,07	0,07	0,09	0,11	0,11	0,2	0,07	0,19	0,06	0,32	0,15
Jarque-Bera JB	1,7	0,72	1,08	1,39	0,58	1,08	2,37	0,58	0,95	0,95	0,73	0,58	1,2	0,29	0,56	1,9	1,08	0,56	1,66	0,95	0,95	1,15	1,08	0,58	1,61	0,86	1,07
p(normal)	0,43	0,7	0,58	0,5	0,75	0,58	0,31	0,75	0,62	0,62	0,69	0,75	0,55	0,86	0,76	0,39	0,58	0,76	0,44	0,62	0,62	0,56	0,58	0,75	0,45	0,65	0,59
p(Monte Carlo)	0,16	0,57	0,36	0,23	0,66	0,35	0,09	0,67	0,44	0,43	0,56	0,67	0,3	0,85	0,68	0,13	0,37	0,68	0,17	0,43	0,43	0,32	0,36	0,67	0,17	0,49	0,37

Fuente: (El autor)

Como se observa en la tabla 21 los datos resultantes del test de normalidad en el programa Past tienen un valor mayor a 0,05 por ende son valores confiables y se los puede someter a cualquier proceso estadístico.

4.2.2 Análisis de los resultados

El análisis de los resultados se lo realiza con los promedios de los datos de intensidad de color, degradación y transferencia de color conseguidos del proceso de tintura y prueba de solidez del color al lavado. Además, en las tablas siguientes se pueden apreciar las medias de cada colorante reactivo amarillo, azul y rojo tomando en cuenta los parámetros marca, fibra y concentración de colorante además de la presentación de gráficos demostrando los resultados de una mejor manera.

4.2.2.1 Intensidad del color

Los valores de la afinidad tintórea son el resultado de la comparación de la intensidad de color, tomando como referencia las muestras tinturadas con colorantes reactivos amarillo, azul y rojo de la empresa Seyquiin con las muestras tinturadas con los colorantes reactivos de las empresas Quimicolours y Aromcolor, por medio del espectrofotómetro el cual determinó la intensidad de color de las 81 muestras. Por lo tanto a más intensidad de color mayor será el grado de absorción de colorante.

4.2.2.1.1 Intensidad del color de acuerdo a la marca

En la siguiente tabla se detalla los promedios de la intensidad del color según la marca de colorantes reactivos amarillo, azul y rojo.

Tabla 22

Intensidad del color por marca

INTENSIDAD DEL COLOR POR MARCA (%)				
		AMARILLO	AZUL	ROJO
MARCA	SEYQUIIN	100,00	100,00	100,00
	QUIMICOLOURS	91,49	103,93	96,09
	AROMCOLOR	87,38	108,40	87,23

Fuente: (El autor)

En la tabla 22 se aprecia los valores resultantes de los promedios de las marcas Seyquiin, Quimicolours y Aromcolor, donde se puede identificar a simple vista que en los colores amarillo y rojo la empresa Seyquiin tiende a tener mayor intensidad, aunque en el caso del color azul las empresas Quimicolours y Aromcolor tienen un mayor grado de intensidad.

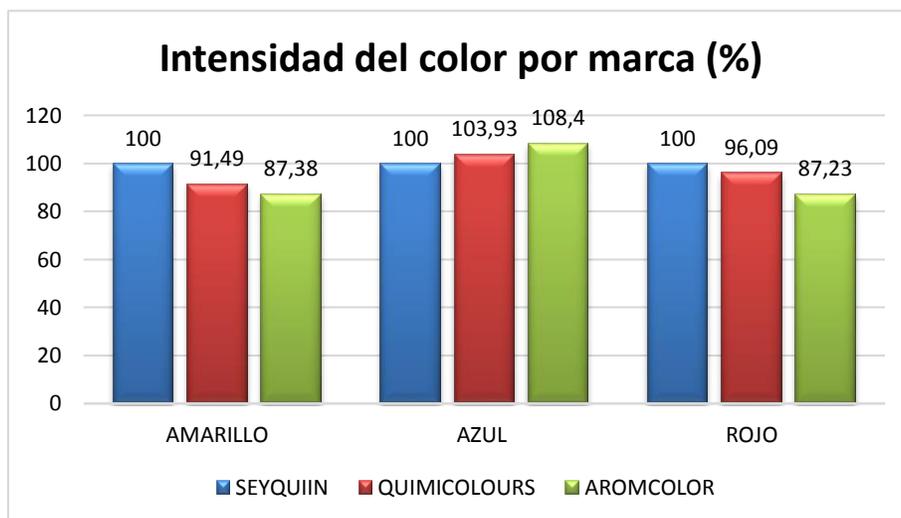


Figura 15 Intensidad del color por marca (El autor)

En la figura 15 se puede apreciar con mayor claridad que en el colorante amarillo de la empresa Seyquiin tiene mayor intensidad de color en comparación con Quimicolours y Aromcolor; de acuerdo con el colorante azul la marca comercial Aromcolor tiene mayor intensidad que las otras marcas; con referencia al colorante rojo la marca Seyquiin tiene más intensidad Quimicolours y Aromcolor.

4.2.2.1.2 Intensidad del color de acuerdo a la fibra celulósica

En la siguiente tabla se da a conocer los promedios de la intensidad del color de las fibras celulósicas tinturadas con colorantes reactivos amarillo, azul y rojo.

Tabla 23

Intensidad del color por fibra

INTENSIDAD DEL COLOR POR FIBRA (%)				
		AMARILLO	AZUL	ROJO
FIBRA	ALGODÓN	92,76	103,02	96,04
	BAMBÚ	93,07	100,74	94,11
	ACETATO	93,05	108,56	93,16

En la tabla 23 se puede observar los datos obtenidos de los promedios de la intensidad del color por fibra en donde el colorante amarillo tiene mayor intensidad en el bambú y en el algodón menor; de acuerdo con el colorante azul en la fibra de acetato de celulosa tiene mayor intensidad y en el bambú menor; con respecto al colorante rojo el algodón tiene mayor afinidad tintórea y en el acetato de celulosa menor afinidad.

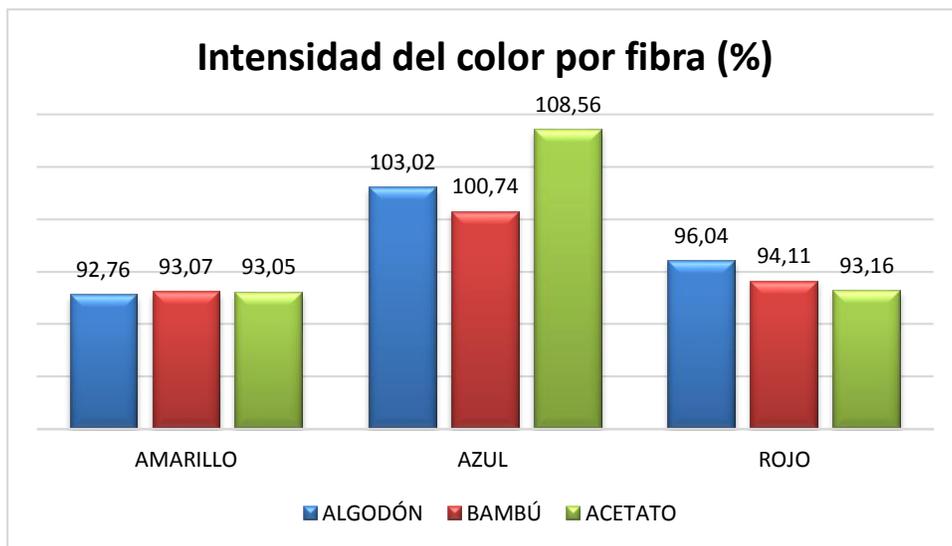


Figura 16 Intensidad del color por fibra (El autor)

En la figura 16 se puede apreciar la intensidad del color en el colorante amarillo, la fibra de bambú y acetato tienen valores similares excepto en el algodón que por un porcentaje pequeño tienen menor intensidad; con respecto al colorante azul la fibra de acetato de celulosa tiende a tener mayor intensidad con un 5,36% más que el algodón y un 7,82% con respecto al bambú; en el colorante rojo la fibra de algodón tiene mayor intensidad a diferencia del bambú y acetato con un 1,93% y 2,88% respectivamente.

4.2.2.1.3 Intensidad del color de acuerdo a la concentración

En la siguiente tabla se da a conocer los promedios de la intensidad del color según las concentraciones de los colorantes reactivos amarillo, azul y rojo para la tintura.

Tabla 24

Intensidad del color por concentración

INTENSIDAD DEL COLOR POR CONCENTRACIÓN (%)				
		AMARILLO	AZUL	ROJO
CONCENTRACIÓN	3%	92,00	109,03	100,24
	1%	90,09	106,01	92,43
	0,50%	96,79	97,29	90,63

Fuente: (El autor)

En la tabla 24 se puede apreciar los valores de la intensidad del color, con referencia a la concentración del 3%, 1% y al 0,5% donde el colorante azul tiende a tener mayor intensidad.

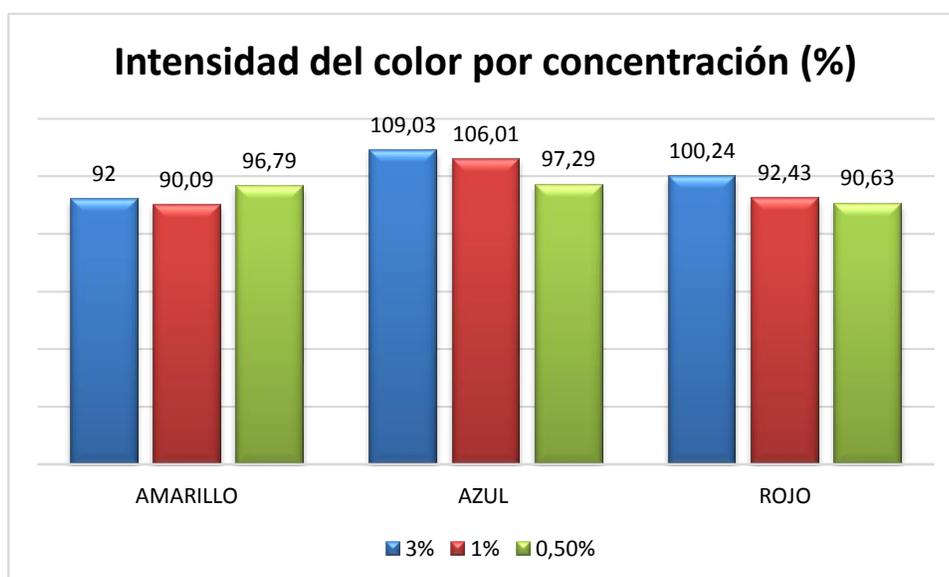


Figura 17 Intensidad del color por concentración (El autor)

En la figura 17 se puede observar con claridad que el colorante reactivo azul tiende a tener mayor intensidad del color en las tres concentraciones usadas en la investigación.

4.2.2.2 Degradación del color

Los valores para la degradación del color son resultado de la comparación de la muestra original con la muestra sometida a la prueba de solidez del color al lavado mediante la ayuda de la escala de grises del espectrofotómetro en donde permite obtener la degradación que va del 1 al 5 según la escala de grises.

4.2.2.2.1 Degradación del color de acuerdo a la marca

En la siguiente tabla se da a conocer los promedios de la degradación del color según la marca de los colorantes reactivos amarillo, azul y rojo.

Tabla 25

Degradación del color por marca

DEGRADACIÓN DEL COLOR POR MARCA				
		AMARILLO	AZUL	ROJO
MARCA	SEYQUIN	3,83	3,50	3,61
	QUIMICOLOURS	3,44	3,33	3,67
	AROMCOLOR	3,50	3,33	3,89

Fuente: (El autor)

En la tabla 25 se puede observar los promedios de la degradación del color en donde se puede observar que los colorantes amarillo y azul de la marca Seyquiin tiene menor degradación y en el caso del colorante rojo la marca Aromcolor tiene menor.

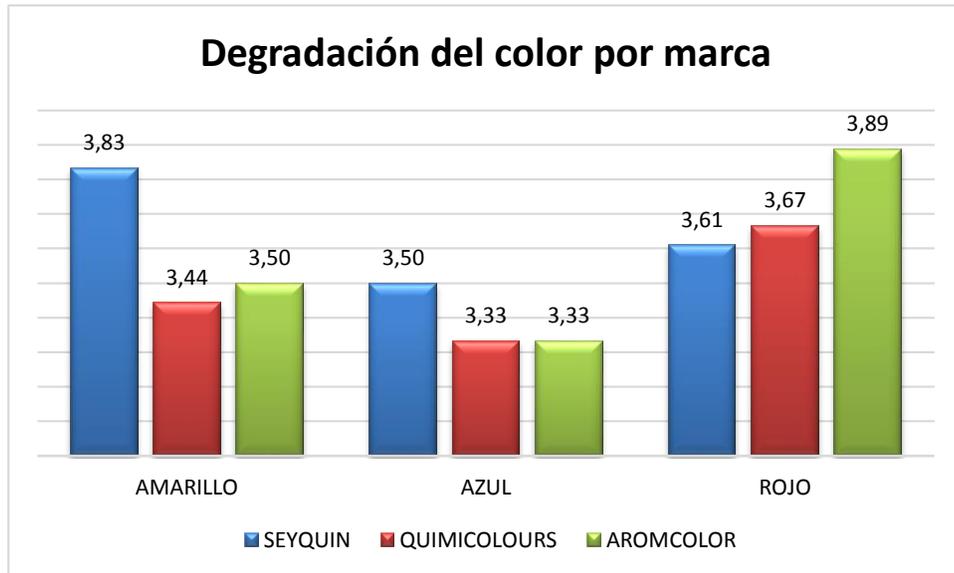


Figura 18 Degradación del color por marca (El autor)

En la figura 18 se puede apreciar con mayor claridad que Seyquiin tiene mayor degradación en el colorante azul y menor en el colorante amarillo; con respecto a Quimicolours y Aromcolor el colorante azul tiende a tener mayor degradación y el rojo menor degradación.

4.2.2.2.2 Degradación del color de acuerdo a la fibra

En la siguiente tabla se da a conocer los promedios de la degradación del color en las fibras celulósicas tinturadas con colorantes reactivas amarillo, azul y rojo.

Tabla 26

Degradación del color por fibra

DEGRADACIÓN DEL COLOR POR FIBRA				
		AMARILLO	AZUL	ROJO
FIBRA	ALGODÓN	3,78	2,94	4,00
	BAMBU	3,56	3,67	3,44
	ACETATO	3,44	3,56	3,72

Fuente: (El autor)

En la tabla 26 se puede observar que de acuerdo con los colorantes amarillo y rojo en la fibra de algodón tienden a tener menor degradación y en el colorante azul el bambú es la fibra con menor degradación; con respecto al amarillo tiene más degradación en la fibra de acetato, en el colorante azul en la fibra de algodón y en el rojo la fibra de bambú.

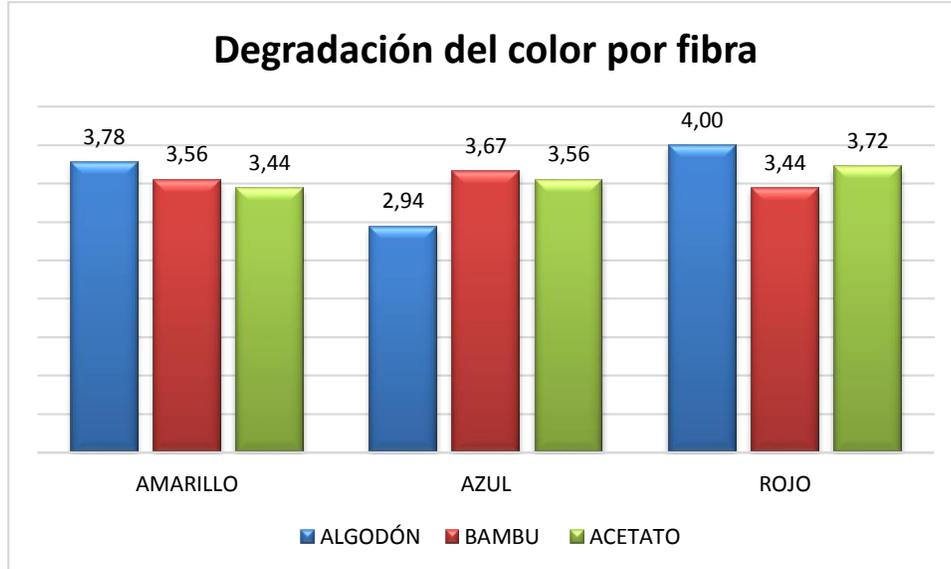


Figura 19 Degradación del color por fibra (El autor)

En la figura 19 se puede apreciar que las fibras de algodón y acetato de celulosa tienen menor degradación en el colorante rojo, aunque en el algodón tiene más cambio de color en el colorante

azul y la fibra de acetato en el colorante amarillo; con respecto a la fibra de bambú tiene menor degradación en el colorante azul y mayor degradación en el colorante reactivos rojo.

4.2.2.2.3 Degradación del color de acuerdo a la concentración

En la siguiente tabla se da a conocer los promedios de la degradación del color según la concentración de los colorantes reactivos amarillo, azul y rojo.

Tabla 27

Degradación del color por concentración

DEGRADACIÓN DEL COLOR POR CONCENTRACIÓN				
		AMARILLO	AZUL	ROJO
CONCENTRACIÓN	3%	3,83	4,00	4,44
	1%	3,56	2,83	3,39
	0,50%	3,39	3,33	3,33

Fuente: (El autor)

En la tabla 27 la degradación por color al 3% el colorante amarillo tiende a degradarse más a comparación de los demás colorantes; al 1% el colorante azul tiene un mayor cambio de color y al 0,5% los colorantes azul y rojo tienden a degradarse más que el colorante amarillo por una mínima cantidad.

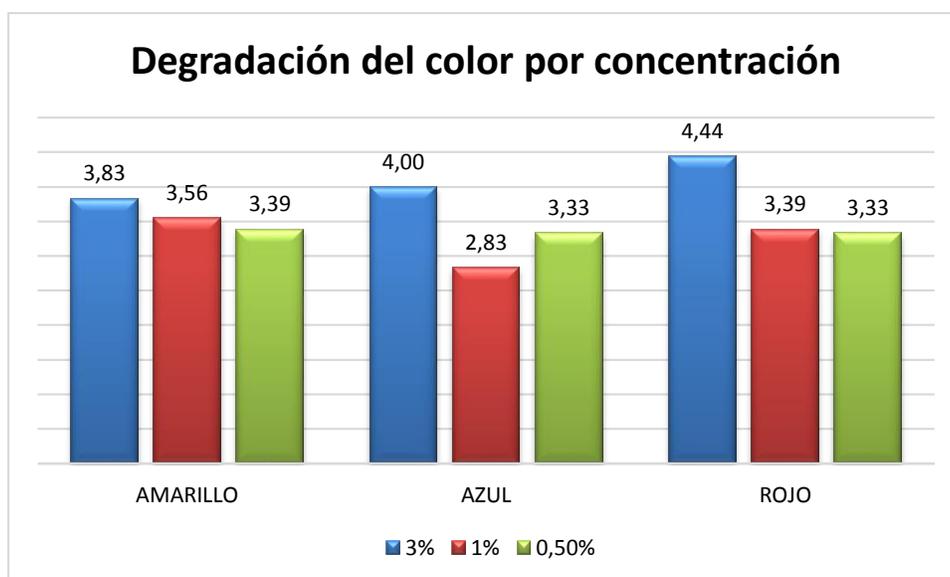


Figura 20 Degradación del color por concentración (El autor)

En la figura 20 se puede apreciar con mayor claridad que el colorante rojo al 3% tiene menor degradación a comparación de los demás colorantes; al 1% y 0,5% el colorante amarillo tiende a degradarse menos a diferencia de los otros colorantes reactivos. Aunque se puede dar a conocer que el colorante azul a una concentración del 1% tiene mayor degradación.

4.2.2.3 Transferencia del color

Los valores para la transferencia del color se obtienen de la comparación de la multifibra original con la multifibra sometida a la prueba de solidez del color al lavado y con apoyo de la escala de grises poder determinar la transferencia del color que va del 1 al 5 en la escala de grises.

4.2.2.3.1 Transferencia del color de acuerdo a la marca

En la siguiente tabla se da a conocer los promedios por marca de la transferencia del color de los colorantes reactivos amarillo, azul y rojo.

Tabla 28

Transferencia del color por marca

TRANSFERENCIA DEL COLOR POR MARCA				
		AMARILLO	AZUL	ROJO
MARCA	SEYQUIIN	4,22	3,89	4,4
	QUIMICOLOURS	4,04	3,83	4,25
	AROMCOLOR	4,34	3,93	4,31

Fuente: (El autor)

En la tabla 28 se puede observar que el colorante azul de las marcas Seyquiin, Quimicolours y Aromcolor tiene mayor transferencia de color a diferencia de los otros colorantes amarillo y rojo; además, se da conocer que el colorante rojo de Seyquiin y Quimicolours tiene menor transferencia como el colorante amarillo de Aromcolor.

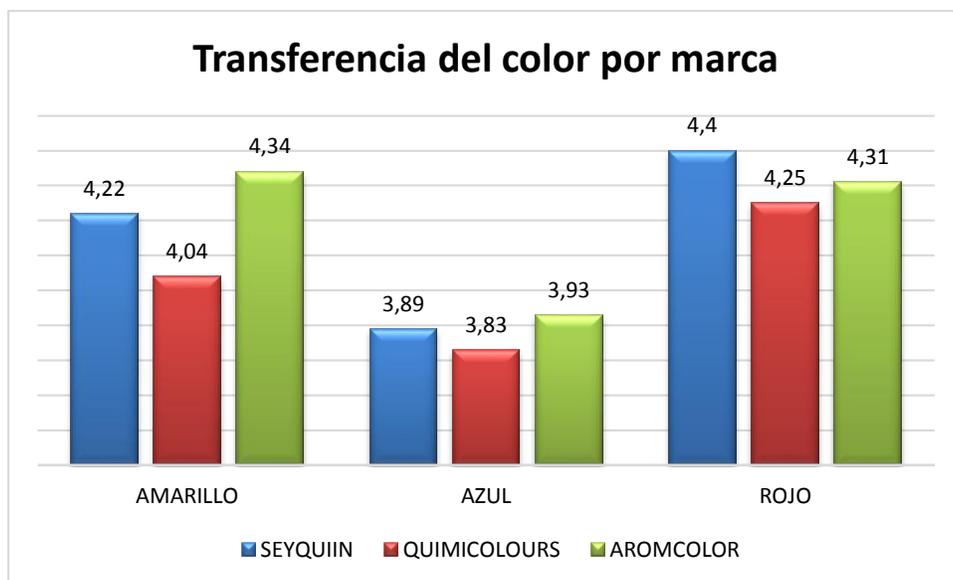


Figura 21 Transferencia del color por marca (El autor)

En la figura 21 se puede apreciar con mayor claridad que el colorante azul es aquel con mayor degradación en las tres marcas comerciales; de acuerdo con los colorantes con menor transferencia son el amarillo y azul de Aromcolor, y el rojo de Seyquiin, siendo así los colorantes reactivos amarillo, azul y rojo de Quimicolours tienden a transferir más en comparación a las otras marcas.

4.2.2.3.2 Transferencia del color de acuerdo a la fibra

En la siguiente tabla se da a conocer los promedios por fibra de la transferencia del color de los colorantes reactivos amarillo, azul y rojo.

Tabla 29

Transferencia del color por fibra

TRANSFERENCIA DEL COLOR POR FIBRA				
		AMARILLO	AZUL	ROJO
FIBRA	ALGODÓN	4,17	3,86	4,31
	BAMBU	4,15	3,87	4,2
	ACETATO	4,29	3,92	4,45

Fuente: (El autor)

En la tabla 29 se puede observar que las fibras de algodón, bambú y acetato de celulosa tinturadas con el colorante azul tienen mayor transferencia a comparación de los datos resultantes de los colorantes amarillo y rojo, en todas las fibras coinciden que con el colorante rojo tienen menor transferencia.

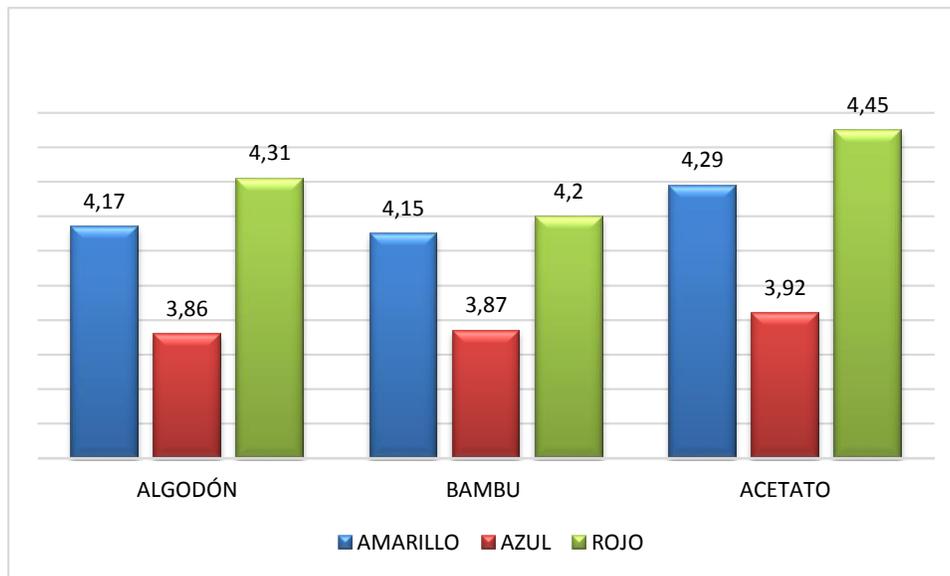


Figura 22 Transferencia de color por fibra (El autor)

En la figura 22 se puede apreciar que la fibra de algodón, bambú y acetato de celulosa coinciden que tienen menos transferencia con el colorante rojo y más transferencia con el colorante azul; comparando los tres tipos de fibras celulósicas se puede apreciar que el bambú tiende a transferir más a diferencia de las otras fibras.

4.2.2.3.3 Transferencia del color de acuerdo a la concentración

En la siguiente tabla se da a conocer los promedios por concentración de la transferencia del color de los colorantes reactivos amarillo, azul y rojo.

Tabla 30

Transferencia del color por concentración

TRANSFERENCIA DEL COLOR POR CONCENTRACIÓN				
		AMARILLO	AZUL	ROJO
CONCENTRACIÓN	3%	3,67	2,82	4,07
	1%	4,4	4,39	4,45
	0,50%	4,54	4,44	4,44

Fuente: (El autor)

En la tabla 21 se observa que hubo mayor transferencia con la concentración del 3% en los colorantes amarillo, azul y rojo; tomando en cuenta las tres concentraciones con las cuales se trabajaron en esta investigación, todas coinciden que en el colorante azul tiene mayor transferencia.

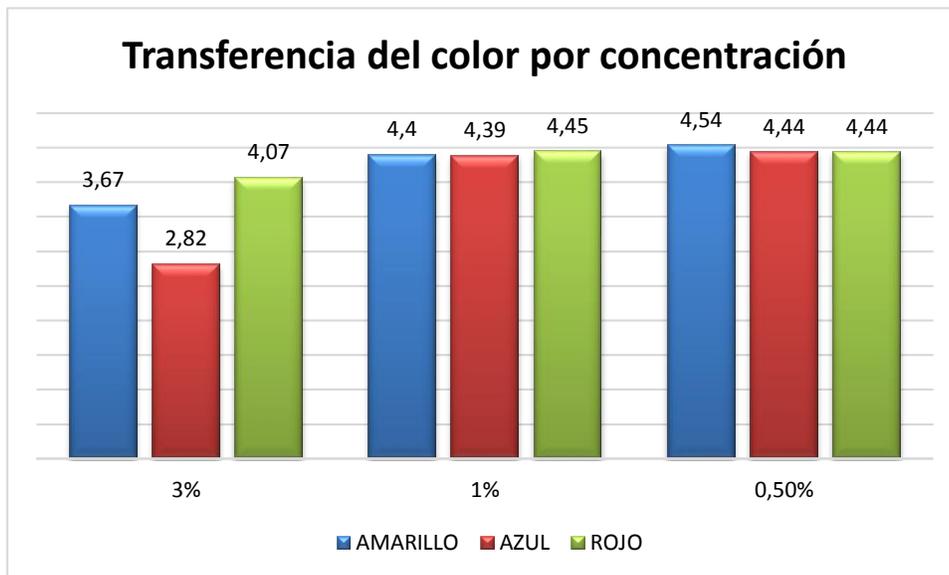


Figura 23 Transferencia del color por concentración (El autor)

Con respecto a la figura 23 en las concentraciones 3% y 1% coinciden que el colorante rojo tiene menor transferencia de color y en la concentración 0,5% el amarillo tiene menos transferencia, aunque es bueno recalcar que el colorante azul al 3% y 1% tienen mayor transferencia que los otros colorantes pero al 0,5% el colorante azul y rojo tienden a ser los dos con más transferencia por tener sus promedios similares.

4.2.2.4 Coeficientes de variación

El coeficiente de variación es una medida estadística en donde se puede dar a conocer la dispersión que tienen los datos de acuerdo con su media.

4.2.2.4.1 Coeficiente de variación de intensidad de color amarillo, azul y rojo según los parámetros marca, fibra y concentración.

En la siguiente tabla se indica el coeficiente de variación de los valores de intensidad de los colorantes amarillo, azul y rojo en relación con los parámetros.

Tabla 31

Coefficientes de variación de intensidad de color

COEFICIENTE DE VARIACIÓN DE INTENSIDAD DE COLOR AMARILLO, AZUL Y ROJO POR CADA PARÁMETRO			
PARÁMETROS	AMARILLO	AZUL	ROJO
MARCA	6,92	4,04	6,93
FIBRA	0,19	3,86	1,56
CONCENTRACIÓN	3,71	5,86	5,41

Fuente: (El autor)

En la tabla 31 se puede apreciar que los coeficientes de los valores de intensidad de color no mantienen relación según el orden de los parámetros ya que, en el amarillo ordenados de mayor a menor van en el siguiente orden marca, concentración y fibra, en el colorante azul van concentración, fibra y marca y con respecto al rojo van en el siguiente orden marca concentración y fibra.

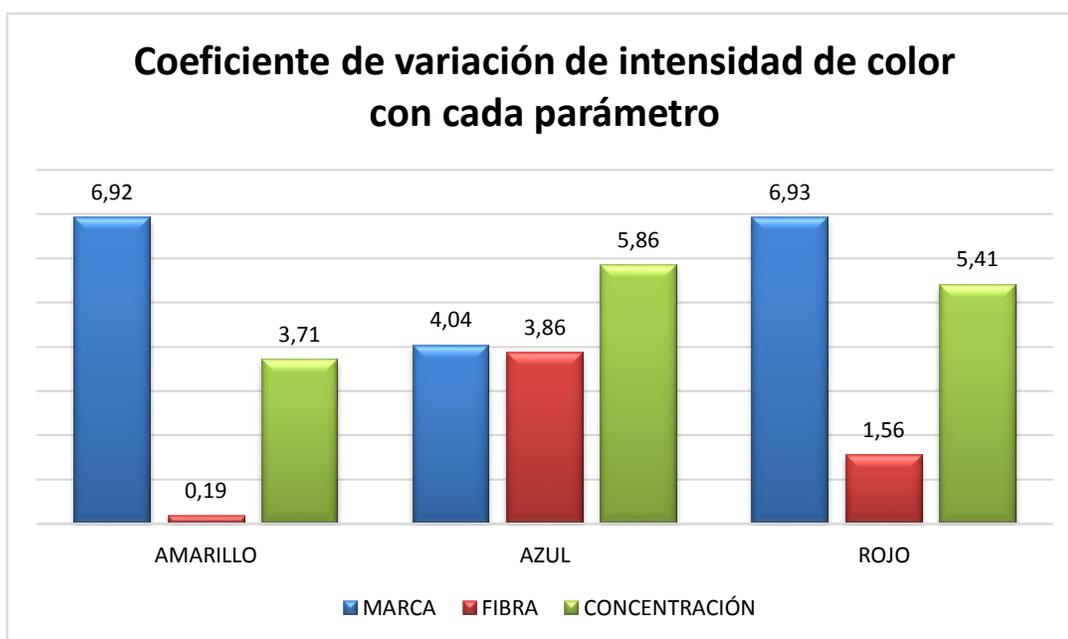


Figura 24 *Coeficiente de variación intensidad del color (El autor)*

En la figura 24 se puede apreciar con mayor claridad que en el colorante amarillo y rojo en la intensidad del color la marca tiende a influir más, en cambio en el colorante azul la concentración es el parámetro que interfiere más.

4.2.2.4.2 Coeficiente de variación de cambio o degradación de color amarillo, azul y rojo según los parámetros marca, fibra y concentración.

En la siguiente tabla se indica el coeficiente de variación de los valores de degradación de los colorantes amarillo, azul y rojo en relación con los parámetros.

Tabla 32

Coeficientes de variación en la degradación de color

COEFICIENTE DE VARIACIÓN DE DEGRADACIÓN DE COLOR AMARILLO, AZUL Y ROJO POR CADA PARÁMETRO			
PARÁMETROS	AMARILLO	AZUL	ROJO
MARCA	5,85	2,84	3,95
FIBRA	4,72	11,48	7,46
CONCENTRACIÓN	6,25	17,27	16,82

Fuente: (El autor)

En la tabla 32 se puede apreciar que los coeficientes de los valores de la degradación de color no mantienen relación en el orden de los parámetros ya que, en el amarillo van ordenados de mayor a menor van en el siguiente orden concentración, marca, y fibra, en el colorante azul y rojo si tienen relación pues van concentración, fibra y marca.

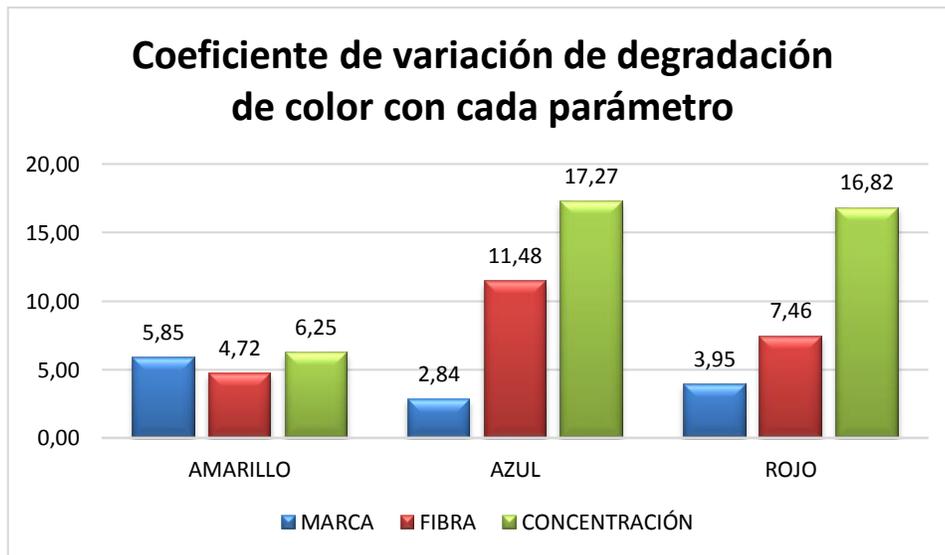


Figura 25 Coeficiente de variación degradación del color

En la figura 25 se puede apreciar que el parámetro que tiende a influir más en la degradación del color en los colorantes amarillo, azul y rojo es la concentración. Además, se puede observar que los valores del colorante amarillo son más homogéneos de acuerdo con su media.

4.2.2.4.3 Coeficiente de variación de transferencia de color amarillo, azul y rojo según los parámetros marca, fibra y concentración.

En la siguiente tabla se indica el coeficiente de variación de los valores de transferencia de color de los colorantes amarillo, azul y rojo en relación con los parámetros.

Tabla 33

Coeficiente de variación de la transferencia del color

COEFICIENTE DE VARIACIÓN DE TRANSFERENCIA DE COLOR AMARILLO, AZUL Y ROJO POR CADA PARÁMETRO			
PARÁMETROS	AMARILLO	AZUL	ROJO
MARCA	3,66	1,20	1,72
FIBRA	1,80	0,77	2,91
CONCENTRACIÓN	11,13	23,62	4,95

Fuente: *(El autor)*

En la tabla 33 se observa que los valores resultantes del coeficiente de variación según la marca en el colorante amarillo los datos son más dispersos; en cambio en la fibra el colorante rojo tiene los datos más heterogéneos y con respecto a la concentración los valores más dispersos se encuentran en el colorante azul.

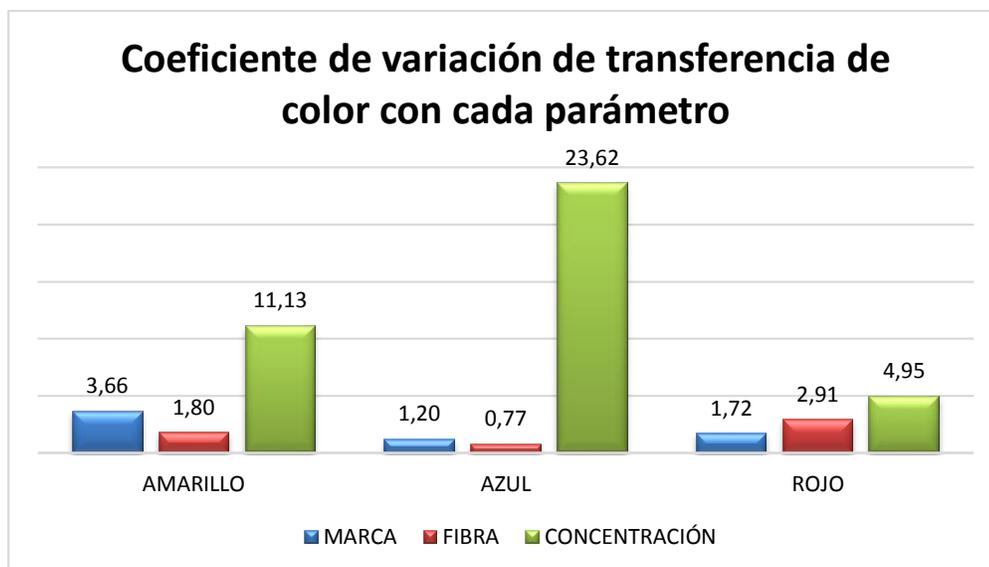


Figura 26 Coeficiente de variación en la transferencia de color (El autor)

Como se aprecia en la figura 26 se puede apreciar que la concentración es el parámetro que tienen más a influir en la transferencia de color en cada uno de los colorantes reactivos amarillo, azul y rojo.

4.2.2.5 Resumen de intensidad, degradación y transferencia de color en los colorantes amarillo, azul y rojo.

En esta parte se da a conocer las medias totales según el color de los colorantes y los parámetros marca, fibra y concentración de acuerdo con los resultados del testeado de la intensidad, degradación, transferencia de color pruebas a la cuales fueron sometidas las distintas muestras.

4.2.2.5.1 Medias totales de la intensidad, degradación y transferencia con respecto al color de los colorantes reactivos.

En la siguiente tabla se puede apreciar las medias totales con referente al color de los colorantes reactivos utilizados en el proceso de tintura para obtener datos certeros y llegar a una conclusión con respecto a la intensidad, degradación y transferencia del color.

Tabla 34

Medias colorantes reactivos según el color.

MEDIAS DE LOS COLORANTES REACTIVOS EN INTENSIDAD, DEGRADACIÓN Y TRANSFERENCIA DE ACUERDO AL COLOR DEL COLORANTE			
	INTENSIDAD DEL COLOR	DEGRADACIÓN	TRANSFERENCIA
AMARILLO	92,96	3,83	4,42
AZUL	104,11	3,33	4,25
ROJO	94,44	3,67	4,32

Fuente: (El autor)

En la tabla 34 da a conocer que el colorante reactivo azul en comparación del amarillo tiene un 12% más de intensidad y con respecto al rojo tiene un 10%, aunque entre los colores amarillo y rojo tienen una diferencia del 2% donde el rojo es aquel con mayor intensidad por lo que se concluye que el colorante azul tiene mayor intensidad y el amarillo menor intensidad.

El cambio o degradación de color el colorante azul en comparación del amarillo tiene un 13% más de degradación y según con el colorante rojo un 9%, como también entre el colorante amarillo y rojo, el rojo tiene un 4% más de cambio del color.

Con respecto a la transferencia del color el colorante azul con respecto al amarillo tiende a transferir en un 4% más, aunque tomando como referencia al colorante rojo, el azul transfiere más en un 6% y con respecto a la comparación del colorante amarillo y rojo, el rojo tiende a transferir en un 17% más.

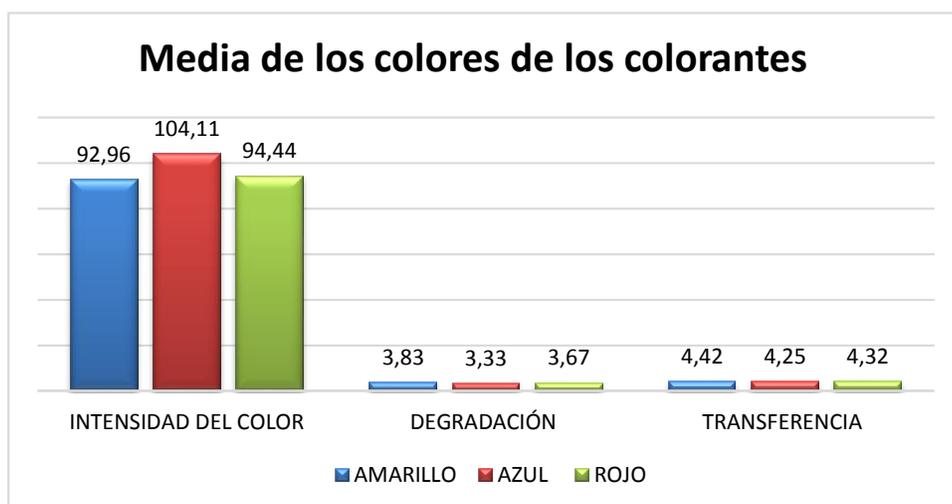


Figura 27 *Medias de los colores de los colorantes (El autor)*

En la figura 27 y con lo anteriormente mencionado el colorante reactivo azul es aquel con mayor intensidad de color con un valor de 104,11% en diferencia al colorante amarillo con un 92,96% y rojo con 94,44% aunque en los resultados de la prueba de solidez del color al lavado el colorante azul mayor degradación y de transferencia de color ,por lo que, el colorante reactivo azul tiene mayor afinidad tintórea de acuerdo al análisis comparativo entre los colorantes reactivos amarillo, azul y rojo sin tomar en cuenta los parámetros marca, fibra y concentración.

4.2.2.5.2 Medias totales de la intensidad de color de acuerdo a los parámetros

En la siguiente tabla se da a conocer las medias de la intensidad de color por los parámetros marca, fibra y concentración.

Tabla 35

Medias totales intensidad del color por marca, fibra y concentración

MEDIAS TOTALES INTENSIDAD DEL COLOR (%)								
MARCA			FIBRA			CONCENTRACIÓN		
Seyquiin	Quimicolours	Aromcolor	Algodón	Bambú	Acetato	3%	1%	0,5%
100,00	97,17	94,34	97,27	95,97	98,26	100,42	96,18	94,90

Fuente: (El autor)

En la tabla 35 se puede apreciar la diferencia que existe en los valores de intensidad del color dentro de cada parámetro para así determinar que marca, fibra y a que concentración si tiene mayor intensidad.

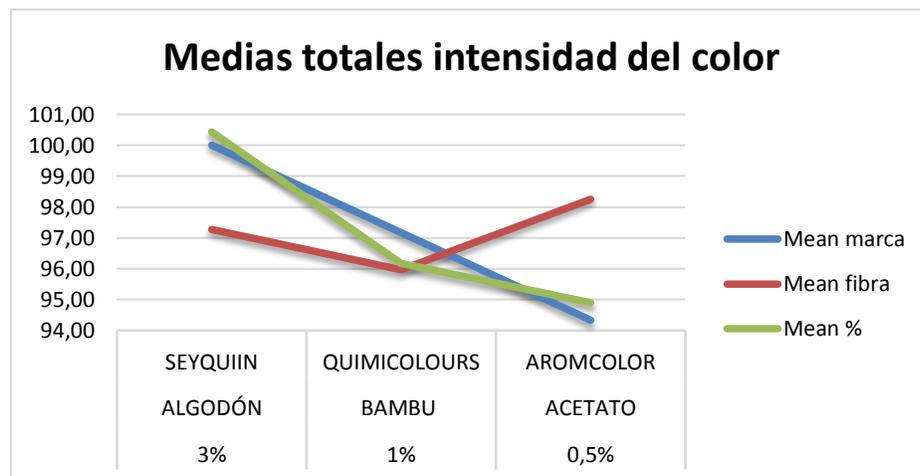


Figura 28 Medias totales de la intensidad del color según los parámetros (El autor)

En la figura 28 se puede apreciar que los colorantes reactivos de la marca Seyquiin tienen mayor intensidad de color a diferencia de las otras marcas; según la fibra tinturada el acetato de celulosa tiene mayor intensidad de color en sus muestras y con referencia a la concentración al 3% de colorante las muestras tinturadas tienen mayor intensidad de color.

4.2.2.5.3 Medias totales de la degradación de color de acuerdo a los parámetros

En la siguiente tabla se da a conocer las medias de la degradación del color por los parámetros marca, fibra y concentración.

Tabla 36

Medias totales degradación del color por marca, fibra y concentración

MEDIAS TOTALES DEGRADACIÓN DEL COLOR								
MARCA			FIBRA			CONCENTRACIÓN		
Seyquiin	Quimicolours	Aromcolor	Algodón	Bambú	Acetato	3%	1%	0,5%
3,65	3,48	3,57	3,57	3,56	3,57	4,09	3,26	3,35

Fuente: (El autor)

En la tabla 36 se puede apreciar la diferencia que existe en los valores de degradación o cambio de color dentro de cada parámetro para así determinar que marca, fibra y a que concentración tiene mayor degradación.

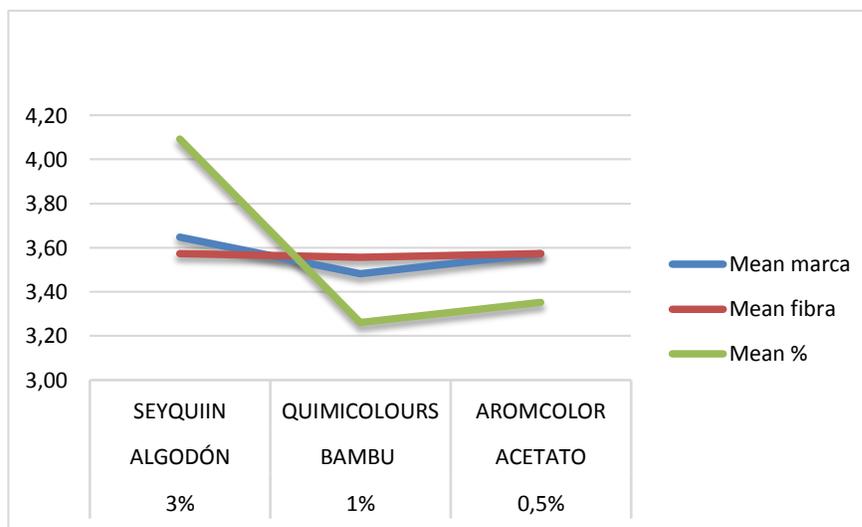


Figura 29 Medias totales de la degradación del color según los parámetros (El autor)

En la figura 29 se observa que la marca Quimicolours por un mínimo porcentaje es aquella marca que tiende a degradarse más; de acuerdo con la fibra los tejidos de algodón, bambú y acetato de celulosa tienen similar degradación y con respecto a la concentración al 1% de colorante reactivo hay más degradación.

4.2.2.5.4 Medias totales de la transferencia de color de acuerdo a los parámetros

En la siguiente tabla se da a conocer las medias de la transferencia del color por los parámetros marca, fibra y concentración.

Tabla 37

Medias totales transferencia del color por marca, fibra y concentración

TRANSFERENCIA DEL COLOR								
MARCA			FIBRA			CONCENTRACIÓN		
Seyquiin	Quimicolours	Aromcolor	Algodón	Bambú	Acetato	3%	1%	0,5%
4,17	4,04	4,19	4,11	4,07	4,22	3,52	4,41	4,47

Fuente: (El autor)

En la tabla 37 se puede apreciar la diferencia que existe en los valores de la transferencia de color dentro de cada parámetro para así determinar que marca, fibra y a que concentración tiene mayor transferencia.

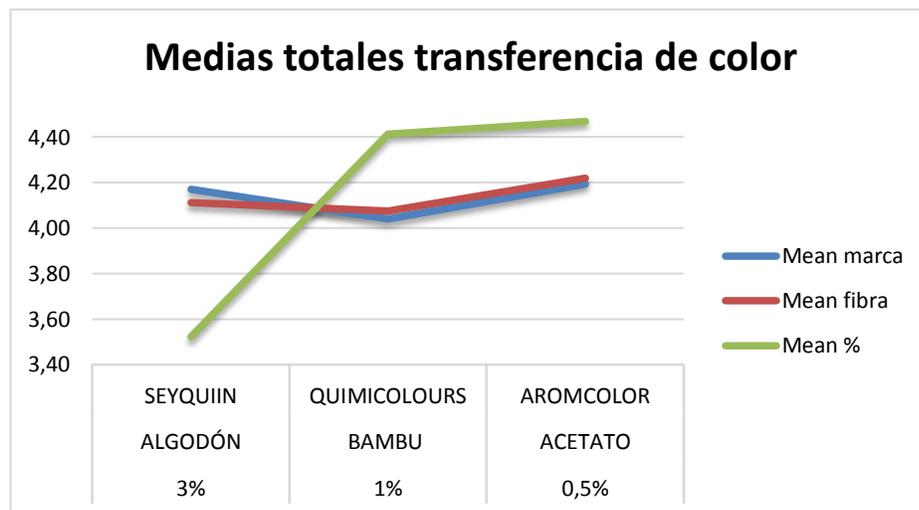


Figura 30 Medias totales de la degradación del color según los parámetros (El autor)

En la figura 30 se aprecia los valores de la transferencia de color en donde los colorantes de la marca Quimicolours tiene mayor transferencia en la multifibra; según la fibra las muestras de algodón tienden a transferir mayor color y con respecto a la concentración, al 3% del colorante independientemente del color existe mayor transferencia.

4.2.2.6 Resumen coeficiente de variación de intensidad, degradación y transferencia de color en los parámetros marca, fibra y concentración

En la siguiente tabla se puede apreciar el coeficiente de variación obtenido de los valores de las tablas de intensidad, degradación y transferencia de color donde con relación con los parámetros marca, fibra y concentración del colorante.

Tabla 38

Coeficiente de variación de los parámetros marca, fibra y concentración

COEFICIENTE DE VARIACIÓN TOTAL DE ACUERDO A LOS PARÁMETROS MARCA, FIBRA Y CONCENTRACIÓN			
PARÁMETROS	INTENSIDAD	DEGRADACIÓN	TRANSFERENCIA
MARCA	5,62	15,82	28,76
FIBRA	9,03	21,33	20,79
CONCENTRACIÓN	8,13	18,14	26,26

Fuente: (El autor)

En la tabla 38 se puede apreciar la dispersión promedio en relación a la intensidad del color en la marca se obtuvo un 5,62%, por fibra un 9,03% y en la concentración un 8,13%, por lo tanto, la fibra tiende a influir más en un 37% con respecto a la marca y un 9% más que la concentración; aunque el coeficiente de variación entre los parámetros marca y concentración, la marca influye menos en un 30%.

El análisis comparativo de coeficiente de variación según los valores resultantes en la degradación del color en la marca tiene un 15,82%, en la fibra un 21,33% y en la concentración del colorante un 18,14% siendo así, se puede determinar que la fibra celulósica influye más en la degradación del color con un 25 % con respecto a la marca y un 15% a la fibra; mientras en la comparación entre los parámetros marca y concentración, la concentración tiende a influir más en un 13%.

En cuanto al coeficiente de variación de los datos obtenidos en la transferencia de color la marca tiene un resultado del 28,76%, en la fibra un 20,79% y en la concentración un 26,26%. Debido a los valores detallados se determina que la marca influye más en un 27,71% y 8,69% respectivamente; en relación con los dos parámetros fibra y concentración, influye más la concentración con un 20,8%.

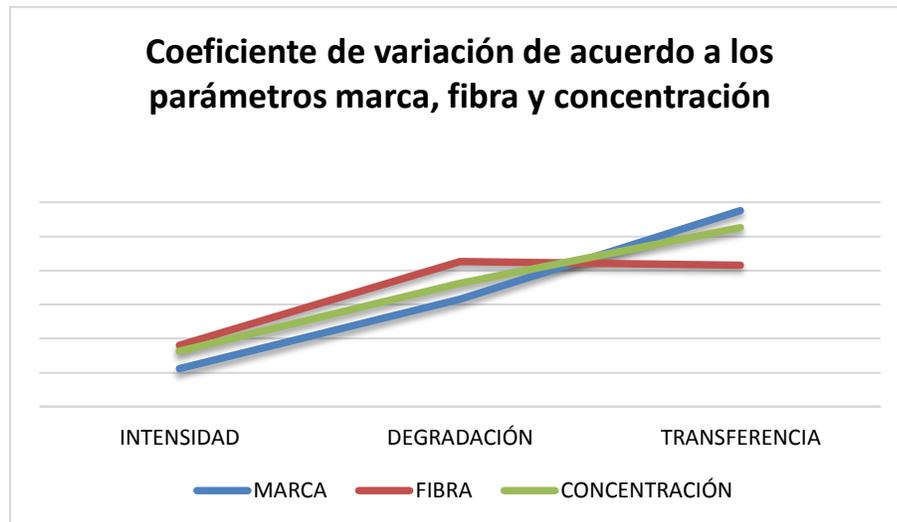


Figura 31 Coeficiente de variación de acuerdo con los parámetros marca, fibra y concentración (El autor)

En la figura 31 se puede apreciar con mayor claridad los resultados del coeficiente de variación de acuerdo con los parámetros marca, fibra y concentración del colorante; en la intensidad y degradación del color los valores de fibra son más heterogéneos y en la transferencia los datos de la marca son más dispersos de acuerdo con la media.

CAPITULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

De acuerdo a las condiciones en las cuales se desarrolló esta investigación, como también, los datos conseguidos mediante la tintura con colorantes reactivos amarillo, azul y rojo y la prueba de solidez al lavado a la cuales fueron sometidas las muestras para el estudio de intensidad del color, cambio o degradación de color y transferencia de color, con tres concentraciones de colorantes reactivos, de tres casas comerciales en tejidos de algodón, bambú y acetato de celulosa, se llegó a establecer las siguientes conclusiones:

Con respecto a la intensidad del color según los parámetros marca, fibra y concentración se determinó que los colorantes reactivos de la marca comercial Seyquiin tienen mayor intensidad con un 100% a comparación de Quimicolours con un 97,17% y Aromcolor con un 94,34%; con relación al tejido de fibras celulósicas el acetato de celulosa tiene mayor intensidad del color con un 98,26% a diferencia del algodón con un 97,27% y el bambú con un valor de 95,97% y con referencia a la concentración los valores de intensidad con respecto a la concentración son directamente proporcional. Según el color de colorantes reactivos en la intensidad del color se concluyó que:

- El colorante amarillo tiene más intensidad en las muestras tinturadas en el tejido de bambú con un valor de 93,07%, a diferencia del algodón que obtuvo 92,76% y el acetato de celulosa con un 93,05% en su % de fuerza de intensidad; con respecto a la marca comercial, el colorante amarillo de Seyquiin tiene mayor intensidad a comparación de Quimicolours.
- El colorante azul tiende a tener mayor intensidad de color en el tejido de acetato de celulosa con un 108,56% a comparación del algodón que tiene una intensidad de 103,02% y en el bambú con un 100,74%; con referencia a la marca comercial del colorante azul, Aromcolor tiene mayor intensidad que Seyquiin y Quimicolours.
- El colorante rojo tiene mayor intensidad en el tejido de algodón con un 96,04%, que el tejido de bambú con un valor de 94,11% y en el acetato de celulosa con un 93,16%; de

acuerdo con la marca del colorante Seyquiin tiene más intensidad del color a comparación de Aromcolor y Quimicolours.

- Con referencia a las concentraciones al 3%, el colorante azul tiene mayor intensidad con un 109,03% a diferencia del amarillo que tiene 92% y el rojo con un 100,24%; con el 1% el colorante azul tiene más fuerza de intensidad con un valor de 106,01% a comparación del colorante amarillo que tiene 90,09% y el rojo con un 92,43% y a una concentración del 0,5% el colorante azul tiene una intensidad mayor con un resultado de 97,29% a comparación del amarillo con un 96,79% y el rojo con un 90,63% de intensidad.

En el análisis de la degradación del color con respecto a los parámetros se obtuvo que la marca comercial Seyquiin tiene menor de degradación con una calificación de 3,65 a comparación de Quimicolours que tiene 3,48 y Aromcolor 3,57; con referencia a la fibra celulósica los tejidos de algodón bambú y acetato de celulosa tienen una misma degradación que es 3,57 que no están malo y con respecto a la concentración, al 3% del colorante reactivos se tiene menor degradación. Según el color de los colorantes reactivos en la degradación del color se obtuvo que:

- El colorante reactivo amarillo tiene menor degradación en el tejido de algodón con un valor de 3,78 a comparación del bambú con un 3,56 y el acetato de celulosa con un 3,44; de acuerdo con la marca comercial, los colorantes amarillos de Seyquiin tienen menor degradación a diferencia de Quimicolours y Aromcolor.
- Con referencia al colorante azul en el tejido bambú tiene menos degradación con un valor de 3,67 a diferencia con el algodón que tiene 2,94 y el acetato de celulosa con un resultado de 3,56; respecto a la marca comercial, los colorantes de Seyquiin tienen menor degradación a diferencia de las otras marcas.
- En el colorante rojo el tejido de algodón tiene menor degradación con un valor 4 a diferencia del bambú con un 3,44 y el acetato de celulosa con un resultado de 3,72; según la marca comercial, los colorantes rojos de Aromcolor tienen menor degradación a diferencia de las otras marcas que se utilizaron en esta investigación.
- Con referencia a la concentración, al 3% el colorante rojo tiene menor degradación con un valor de 4,44 a diferencia del colorante azul con un 4 y el colorante amarillo con 3,83; al 1% el colorante amarillo tiene menor de cambio de color con un resultado de 3,56 a comparación del azul con un 2,83 y el colorante rojo con un 3,39 y al 0,5% el amarillo

tiene menor degradación con un resultado del 3,39 a comparación de los colorantes azul y rojo que tienen una calificación de 3,33 de cambio de color.

Con respecto a la prueba de transferencia del color según los parámetros marca, fibra y concentración se pudo concluir que la marca Aromcolor tiende a transferir menos con un 4,19 a diferencia de Seyquiin con un resultado de 4,17 y Quimicolours con un 4,04; según el tejido, las muestras tinturadas en acetato de celulosa tienen menor transferencia en la multifibra con un valor de 4,22 a comparación del algodón con un 4,11 y el bambú con un 4,07 y en la concentración del colorante se obtuvo que al 0,5% hay menor transferencia. Según el color de los colorantes reactivos en la transferencia de color se concluyó que:

- El colorante amarillo tiene menor transferencia en el tejido de acetato de celulosa con un valor de 4,29 a diferencia del algodón que tiene un valor de 4,17 y el bambú con un 4,15; con referencia la marca comercial los colorantes amarillos de Aromcolor tienen menor transferencia en comparación a las otras marcas.
- El colorante azul en el tejido de acetato de celulosa tiene menor transferencia con un valor de 3,92 a diferencia del algodón y el bambú con 3,86 y 3,87 respectivamente; con referencia a la marca, los colorantes azules de Aromcolor tienen menor transferencia que Quimicolours y Seyquiin.
- El colorante reactivo rojo tiene menor transferencia en el tejido de acetato de celulosa con un resultado de 4,45 a comparación con el algodón que tiene 4,31 y el bambú con un 4,2; con respecto a la marca comercial, Seyquiin tiene menor transferencia que las otras marcas.
- Con respecto a la concentración, al 3% el colorante rojo tiene menos transferencia con un resultado de 4,07 a diferencia del amarillo con un 3,67 y en el azul con un 2,82; al 1% de concentración el colorante rojo tiene menos transferencia con un valor de 4,45 seguido del amarillo con un 4,4 y el azul con un 4,39 y de acuerdo al 0,5% el colorante amarillo tiene una transferencia de color del 4,54 a diferencia de los colorantes azul y rojo con un 4,44.

En relación, al test de normalidad al cual fueron sometidos los datos resultantes de la intensidad de color y prueba de solidez del color al lavado se determinó que los valores superaron al menos tres de los cuatro métodos de normalidad Shapiro-Wilk W, Anderson-Darling A, Lilliefors y Jarque-Bera JB; lo que indica, que el nivel de confianza de los datos resultantes fue superior a 0,05

de p (normal) por ende existió normalidad en todos los datos y estos pueden ser analizados estadísticamente.

En relación con los parámetros se llegó a concluir que en la intensidad del color, la fibra tiende a afectar en un 22% más que la marca y un 7% más que la concentración; en la degradación del color la fibra tiende a influir un 57% más que la marca de colorante y un 59% más que la concentración y en el caso de la transferencia de color la marca influye más en un 57% con respecto a la fibra y un 59% con la concentración. Por ende, se llegó a determinar que en la intensidad y degradación del color los tejidos de fibras celulósicas tienden a influir más y de acuerdo con la transferencia de color el parámetro que influye más es la marca.

Con el desarrollo de este trabajo de investigación se logró determinar mediante un análisis comparativo de colorantes reactivos amarillo, azul y rojo, que el colorante azul tiene mayor afinidad tintórea por tener un 12% más de fuerza con respecto al colorante amarillo y 10% más de fuerza que el colorante rojo por ende, se concluye el colorante reactivo azul independientemente de los parámetros marca, fibra y concentración tiene mejor afinidad tintórea.

5.2 Recomendaciones

- Los resultados y conclusiones en este trabajo generan algunas pautas para otras investigaciones, por ejemplo, realizar el mismo análisis comparativo de colorantes reactivos amarillo, azul y rojo en tejidos planos tomando en cuenta los parámetros marca, fibra y concentración de colorante.
- Es recomendable utilizar sustratos aptos para la tintura ya que los resultados pueden variar por la presencia de impurezas, los mismos que afectaran en cierto modo en el proceso de tintura por agotamiento.
- Tomar en cuenta que los colorantes reactivos se han de un solo tipo y asegurarse que los tejidos de fibras celulósicas tengan una composición 100% algodón, 100% bambú y 100% acetato de celulosa para no alterar considerablemente los resultados totales y poder concluir de la mejor manera.
- Para la realización de la prueba de solidez del color al lavado se recomienda usar el método 3A de la norma AATCC 61-2013 SOLIDEZ DEL COLOR AL LAVADO:

ACCELERADO ya que el procedimiento de este método tiende a hacer más industrial y se obtendrían datos más confiables en el cambio y transferencia de color.

CAPITULO VI

6 BIBLIOGRAFIA

- Alonso Felipe, J. V. (2015). *Manual control de calidad en productos textiles y afines*. Madrid, España.
- American Association Of Textile Chemists And Colorists. (2010). *AATCC TECHNICAL MANUAL*. Obtenido de En Colorfastness to Laundering Accelerated (Vol. 85): www.aatcc.org
- Biermann, C. J. (1996). *Handbook of pulping and papermaking* (2 ed.). (Elsevier, Ed.) Academic Press.
- Bolaños Jaramillo, J. M. (29 de Noviembre de 2011). Estudio para la fabricación de hilos nomal Nm: 12.3 y con efectos Nm 13.5 en hilas a rotor R1 y R20 utilizando materia prima de algodón más reproceso en diferentes porcentajes". Ibarra, Imbabura, Ecuador: Tesis de pregrado.
- Carrera, E. (2015). *Caracterización de tejidos. Principales ensayos físicos para evaluar la calidad de los tejidos textiles*. España: Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Enginyeria Tèxtil i Paperera (ETP).
- Cegarra, J., Puente, P., & Valldeperas, J. (1981). Fundamentos científicos y aplicados de la tintura de materiales textiles. España: Tesis.
- Colindres Bonilla, P. (Diciembre de 2010). TRATAMIENTO DE RESIDUALES LÍQUIDOS TEXTILES MEDIANTE OXIDACIÓN CON OZONO. México: Tesis.
- Cottonworks. (2018). *Cotton Incorporated*. Obtenido de Dyeing Booklet: https://www.cottonworks.com/wp-content/uploads/2018/01/Dyeing_Booklet.pdf?fbclid=IwAR3jtTffa2yHEPJmKlHDEV0lk6wrt7wFfs3EnJwSLcBdHP_yyNNx627Gaow
- Cuellar, A., & Muñoz , I. (2010). FIBRA DE GUADUA COMO REFUERZO DE MATRICES POLIMÉRICAS. *SCIELO*, 137-142. Recuperado el 30 de Septiembre de 2020, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532010000200015&lng=en&tlng=es.
- 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
- Duque, L. M., Rodríguez, L., & López, M. (2014). ¿Electrospinning ?: la era de las Nanofibras. *Revista Iberoam*, 14(1), 10-27.

- Escalona, J., Hernández, J., & Requena, C. (Enero de 2017). Método de empleo del bambú como material alternativo para la construcción de viviendas de interés social en el municipio campo Elías sector Santa Eduvigés. Mérida, Venezuela: Tesis.
- Flores Antamba, G. J. (2018). ANÁLISIS DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE FIBRA TEXTIL REGENERADA A PARTIR DE BAMBÚ. Ibarra, Imbabura, Ecuador: Tesis de pregrado.
- Guaján Morales, C. M. (2019). *EVALUACIÓN DE INTENSIDAD DE COLOR ENTRE LAS FIBRAS DE BAMBÚ Y ALGODÓN*. Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte, Ibarra.
- Haro, H. (2011). Normalización de parámetros en las variables que inciden en la calidad de la tela Jersey, mezcla algodón 30/1 elastano 40 Denier, colores oscuros, en el proceso de prefijado y termofijado, en la empresa Asotextil. Ibarra, Imbabura, Ecuador: Tesis.
- Jiménez Muñoz, E. (Agosto de 2017). Obtención de pulpa de celulosa a partir de residuos de agavaceas: potencial elaboración de papel tipo artesanal. Tesis .
- Llano, E. (04 de Septiembre de 2009). *Blogger*. Obtenido de TINTURA DE FIBRAS TEXTILES: <http://tinturadefibrastextiles.blogspot.com/>
- Lockuán, F. (2012). *La industria textil y su control de calidad. V Tintorería*.
- Lockuán, F. (2013). *II. La industria textil y su control de calidad. Fibras Textiles*.
- Macías, M. (07 de Enero de 2011). Tintura digital de tejidos con colorantes. Obtenido de <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/10921/1/>
- Morales, N. (s.f.). *Guía del textil en el acabado* (Primera ed.). UNIVERSITARIA UTN.
- Morillo Chandi, S. J. (2012). Propuesta de producción más limpia (p+l) en el proceso de tinturado, en la industria “Textiles María Belén” ubicada en el Distrito Metropolitano de Quito. 216. Quito, Pichincha.
- Peña C., A. (20 de Octubre de 2017). *Círculo textil iberoamericano*. Obtenido de 10 claves para obtener un buen teñido con colorantes reactivos: <https://citexiberoamerica5.wixsite.com/citexiberoamerica/single-post/te%C3%B1ido-reactivo>
- Peñañiel, S. (9 de Junio de 2011). INFLUENCIA DEL SUAVIZADO CON BASES DE ÀCIDOS GRASOS EN EL CAMBIO DE MATIZ EN TEJIDOS ALGODÓN 100% TINTURADOS CON COLORANTES REACTIVOS DE BAJA REACTIVIDAD. Ibarra, Imbabura, Ecuador: Tesis .
- Pereira, J. (2014). Control del Proceso de Teñido de las Fibras de Algodón. Perú: Tesis.

- Pin Guerrero, R. M., Coque Arias, J. F., & Carabajo Ayala, S. A. (02 de Marzo de 2019). Noble materials of nature: case of bamboo cane from Olón province of Santa Elena, Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 11. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202019000100140&lng=es&tlng=es.
- Repon, R. T. (Junio de 2018). Comparative study on natural and reactive dye for cotton coloration. *Journal of applied research and technology*, 16, 10.
- Sanz Domínguez, E. (2015). Colecciones textiles en museos militares: Tipología y problemática de conservación y restauración. Madrid, España: Tesis.
- Solé Cabanes, A. (02 de Abril de 2016). *Tintura de fibras celulósicas con colorantes reactivos*. Obtenido de Tintura por agotamiento e impregnación.
- Tobón, Y., & Peñaloza, M. (2014). Evaluacion de la degradacion del colorante amarillo reactivo util en la industria textil por fotodegradación con metodos comparativos entre catalisis heterogénea (TiO₂) y homogénea (Foto-Fetón). *GRUPO DE FOTOCATÁLISIS Y ESTADO SÓLIDO (GIFES)*. Tesis.
- Urkullu Polo, M. T. (2001). Investigación del comportamiento de algunos textiles utilizados como soporte de pintura como fuente de documentación a procesos de restauración. España. Obtenido de <https://eprints.ucm.es/1704/1/T18322.pdf>
- Villegas Marín, C., & González Monroy, B. (Enero- junio de 2013). FIBRAS TEXTILES NATURALES SUSTENTABLES Y NUEVOS HÁBITOS DE CONSUMO. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*(13), 31-45. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4779/477947372003.pdf>
- Zakikhani, P., Zahari , R., & Majid , D. (2014). Extraction and preparation of bamboo fibre-reinforced composites. *Materials & Design. Scielo*.

CAPITULO VII

7 ANEXOS

7.1 Materiales y equipos



Figura 34 *Balanza Electrónica*



Figura 32 *Autoclave*



Figura 33 *Espectrofotómetro*



Figura 37 *Auxiliares*



Figura 35 *Sustrato textil*



Figura 36 *Colorantes reactivos*

7.2 Tintura con colorantes reactivos



Figura 39 Preparación del sustrato

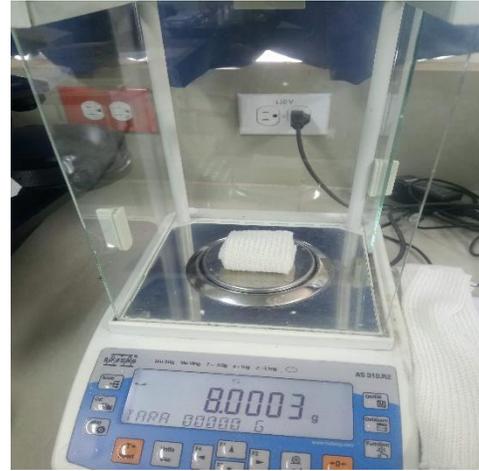


Figura 38 Peso de la muestra



Figura 43 Preparación de la solución



Figura 41 Pipeteo del colorante



Figura 42 Pipeteo del colorante



Figura 40 Muestra tinturada

7.3 Prueba de solidez del color al lavado



Figura 45 Multifibra



Figura 44 Detergente líquido y en polvo



Figura 46 Enjuague de muestras



Figura 47 Muestras resultantes

7.4 Medición de la intensidad, degradación, transferencia de color

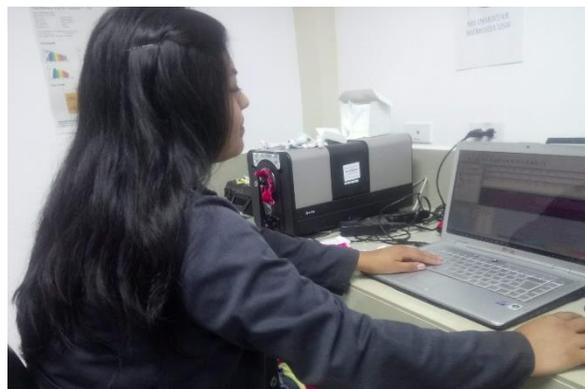


Figura 48 Testeo de las muestras

7.4.1 Muestra de la hoja de resultados de la intensidad del color

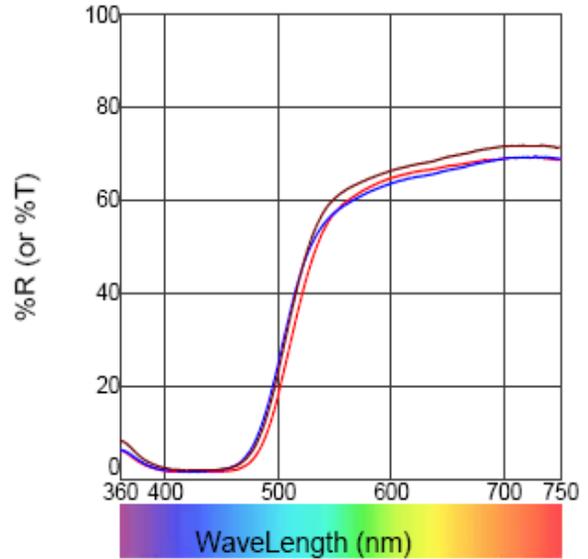
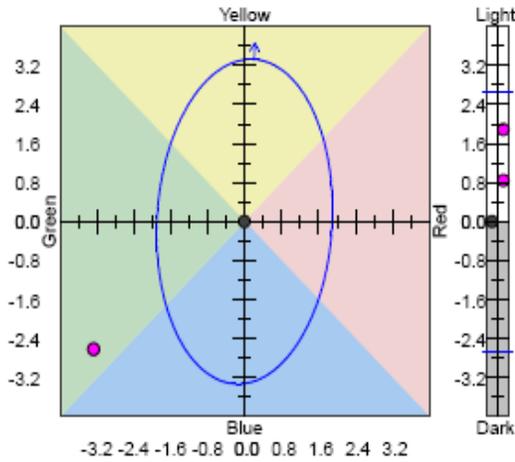
QC

19/02/2020 12:56:24

Customer Name
e-Job20.jbx [database=iTextile.mdb]

dCIELab: D65-10

- amarillo seyquiin bambu - amarillo quimicolours bambu
- amarillo aromcolor bambu



Tolerances:
D65-10

<u>DL* tol</u>	<u>Da* tol</u>	<u>Db* tol</u>	<u>DC* tol</u>	<u>DH* tol</u>	<u>P/F tol</u>	<u>Margin</u>	<u>l:c</u>
2.35	1.70	2.90	2.95	1.65	1.00	0.10	2.00

Standard Name:
amarillo seyquiin ba

<u>%STR-SWL</u>	<u>L*</u>	<u>a*</u>	<u>b*</u>	<u>C*</u>	<u>h°</u>
100.00	75.24	5.77	93.39	93.57	86.46

Trial Name
amarillo quimicolour
amarillo aromcolor b

<u>%STR-SWL</u>	<u>DL*</u>	<u>Da*</u>	<u>Db*</u>	<u>DC*</u>	<u>DH*</u>	<u>DEcmc</u>	<u>P/F</u>
91.34	0.84 L	-4.51 G	-5.26 B	-5.43 D	4.30 G	2.82	Fai
82.15	1.88 L	-3.25 G	-2.61 B	-2.75 D	3.13 G	1.99	Fai

Figura 49 Resultados intensidad del color

7.4.2 Muestra de la hoja de resultados de la degradación del color

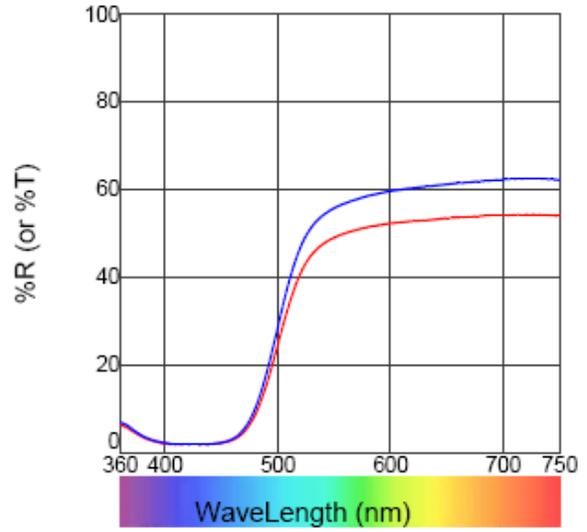
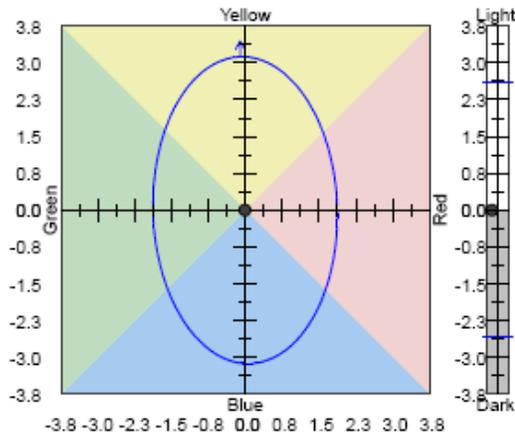
QC

10/03/2020 11:59:24

Customer Name
e-Job26.jbx [database=iTextile.mdb]

dCIELab: D65-10

- amarillo quimicolours bambu - amarillo quimicolours bambu



Tolerances:
D65-10

<u>DL* tol</u>	<u>Da* tol</u>	<u>Db* tol</u>	<u>DC* tol</u>	<u>DH* tol</u>	<u>P/F tol</u>	<u>Margin</u>	<u>l:c</u>
2.30	1.70	2.75	2.75	1.65	1.00	0.10	2.00

Standard Name:
amarillo quimicolour

<u>L*</u>	<u>a*</u>	<u>b*</u>	<u>C*</u>	<u>h°</u>
71.46	-2.48	79.67	79.71	91.79

Trial Name
amarillo quimicolour

<u>DL*</u>	<u>Da*</u>	<u>Db*</u>	<u>DC*</u>	<u>DH*</u>	<u>GS Change</u>	<u>DEcmc</u>	<u>P/F</u>
3.94 L	-0.29 G	4.08 Y	4.08 B	0.16 G	3	2.01	F _i

Figura 50 Resultados degradación del color

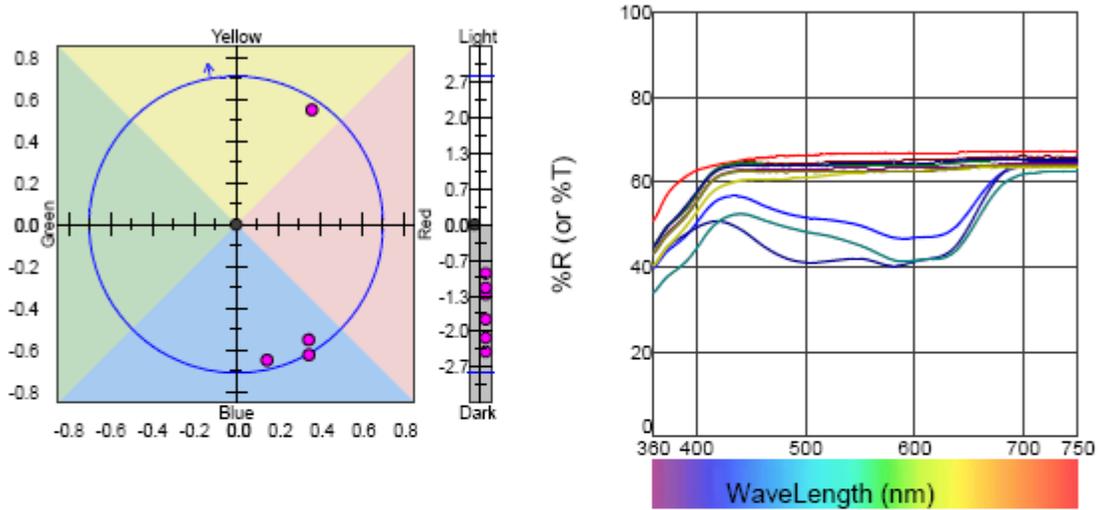
7.4.3 Muestra de la hoja de resultados de la transferencia del color

QC

10/03/2020 10:12:50

Customer Name
e-Job7.jbx [database=iTextile.mdb]

dCIELab: D65-10



<u>Tolerances:</u>	<u>DL* tol</u>	<u>Da* tol</u>	<u>Db* tol</u>	<u>DC* tol</u>	<u>DH* tol</u>	<u>P/F tol</u>	<u>Margin</u>	<u>l:c</u>
D65-10	2.45	0.60	0.65	0.65	0.60	1.00	0.10	2.00

<u>Standard Name:</u>	<u>L*</u>	<u>a*</u>	<u>b*</u>	<u>C*</u>	<u>h°</u>
acetato	85.35	-0.20	1.15	1.16	100.03

<u>Trial Name</u>	<u>DL*</u>	<u>Da*</u>	<u>Db*</u>	<u>DC*</u>	<u>DH*</u>	<u>GS Stain</u>	<u>DEcmc</u>	<u>P/F</u>
az sey ba tr ac 3	-9.46 D	0.19 R	-6.59 B	4.28 B	5.01 G	3	9.92	Fa
az sey ba tr ac 1	-0.92 D	0.35 R	-0.63 B	-0.62 D	-0.35 R	5	1.06	Fa
az sey ba tr ac 0.5	-1.32 D	0.30 R	-1.14 B	-1.06 D	-0.52 R	4.5	1.73	Fa
az qui ba tr ac 3	-14.57 D	4.06 R	-6.57 B	5.49 B	-5.43 R	2.5	12.10	Fa
az qui ba tr ac 1	-2.39 D	0.36 R	0.55 Y	0.54 B	-0.38 R	4.5	1.26	Fa
az qui ba tr ac 0.5	-1.19 D	0.35 R	-0.55 B	-0.55 D	-0.35 R	4.5	1.01	Fa
az aro ba tr ac 3	-12.35 D	-0.86 G	-7.62 B	5.39 B	5.45 G	2.5	11.71	Fa
az aro ba tr ac 1	-1.79 D	0.15 R	-0.65 B	-0.67 D	-0.05 R	4.5	1.14	Fa
az aro ba tr ac 0.5	-2.13 D	0.33 R	-0.86 B	-0.85 D	-0.35 R	4.5	1.50	Fa

Figura 51 Resultados transferencia del color