

Tesis de Máster presentada por:
Marta Zuriaga Barrera

**Estudio del café como sustancia
tintórea natural para el refuerzo
y consolidación de obra textil**

Dirigida por:
Dra. Sofía Vicente Palomino
Codirectoras:
Dra. Dolores Julia Yusá Marco
Dra. Laura Fuster López



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

Directora:

Dra. Sofía Vicente Palomino

Codirectoras:

Dra. Dolores Julia Yusá Marco

Dra. Laura Fuster López

HACEMOS CONSTAR:

Que el Trabajo Final de Máster titulado "Estudio del café como sustancia tintórea natural en tejidos de seda para el refuerzo y consolidación de obra textil " que se adjunta ha sido realizado por Marta Zuriaga Barrera para la acreditación del Máster de Conservación y Restauración de Bienes Culturales.

Agradecimientos

Quiero dar las gracias en primer lugar a Sofia Vicente Palomino por su apoyo y su paciencia.

A mis codirectoras Dolores Julia Yusá Marco y Laura López Fuster por sus consejos y su atención.

A Eva Montesinos Ferrándis por su ayuda y sus ánimos.

Al servicio de microscopía electrónica de la Universidad Politécnica de Valencia.

A Marisa Martínez Bazán por la ayuda con las pruebas de colorimetría.

Al departamento de Conservación y Restauración de bienes culturales de la Universidad de Bellas Artes de San Carlos.

Y por último, a mi familia y a mi pareja.

INDICE

	Página
1. Introducción.....	6
2. Antecedentes y estado de la cuestión.	
2.1. La seda.....	10
2.2. Mordientes.....	10
2.2.1. Alumbre.....	12
2.2.2. Mordientes de cromo.....	13
2.2.3. Mordientes de cobre.....	13
2.3. El tinte.....	15
2.3.1. El proceso de tinción	16
2.3.2. El tinte: <i>coffea arabica</i>	17
3. Objetivos y metodología.	
3.1. Objetivos generales.....	22
3.2. Objetivos específicos.....	22
3.3. Metodología.....	23
4. Proceso experimental.	
4.1. Materiales y reactivos.....	26
4.2. Preparación de las muestras.	
4.2.1. Lavado del tejido.....	26
4.2.2. Mordentado.	26
4.2.3. Preparación del tinte.....	28
4.2.4. Tinción de las muestras.....	29
4.3. Instrumentación.....	31
4.4. Procedimiento de los análisis.....	31
5. Resultados y discusión.	
5.1. Evaluación cualitativa de las muestras mediante microscopía óptica.....	33
5.2. Determinación de los agentes mordientes mediante microscopia electrónica de barrido (SEM/EDX).....	34
5.3. Análisis colorimétrico	40
5.4. Aplicación práctica en obra real.....	41
6. Conclusiones.....	48
7. Bibliografía.....	50

**Estudio del café como sustancia tintórea natural en tejidos de seda
para el refuerzo y consolidación de obra textil**



1. INTRODUCCIÓN





Según las fuentes consultadas, los tejidos históricos de seda hasta el siglo XIX que encontramos en las colecciones expuestas en museos, han sido teñidos con tintes naturales tanto de origen animal como vegetal. Aunque técnicamente en este tipo de tintes naturales se pueden encontrar varios sistemas de tintura, el más utilizado es el que se realiza incluyendo sustancias que ayudan a fijar el colorante, dichas sustancias son concretamente los mordientes, que generalmente son sales metálicas.¹ De los materiales que encontramos en dichas fuentes, en repetidas ocasiones se encuentra la presencia de elementos como el té o el café dentro de las listas de los colorantes más comunes a lo largo de la historia.² Estos tintes, aunque no es posible encuadrar dentro de los niveles de máxima solidez tintórea o saturación cromática, está demostrado que se han utilizado de forma popular, incluso existen referencias de este uso en colecciones tan importantes como la de los tejidos hispanomusulmanes³.

El presente texto forma parte de la línea de investigación centrada en el estudio sistemático de los colorantes y tintes naturales empleados en la conservación y restauración de tejidos, iniciada por el grupo I+D de intervención en obra textil de Instituto de Restauración del Patrimonio de la Universidad Politécnica de Valencia.

La importancia de este trabajo no reside tanto en los materiales seleccionados para el estudio, como en la optimización de los métodos de tintura, ya que estas sustancias utilizadas de forma cotidiana, en la mayoría de los casos han seguido procedimientos poco rigurosos. Esta circunstancia plantea una serie de interrogantes entre los que cabe destacar:

- Primero, si es posible aumentar la saturación cromática de la tinción.
- Segundo, si se puede mejorar la solidez de estas sustancias.
- Y por último ver a que gama cromática proporcionan estas sustancias.

El centrar este estudio en el café como sustancia tintórea se justifica desde dos vertientes: una es entender la sustancia y evaluar sus propiedades y valorar su aplicación en el campo de la restauración textil.

La razón por la que este estudio se realiza sobre tejidos de seda es, por un lado, la coincidencia de las tonalidades que los tejidos de seda van adquiriendo con el envejecimiento respecto a las descripciones dadas en las manuales que mencionaban la tintura con café; por otro lado, la seda debido a su carácter de

¹ JEANETTE M., CARDAMONE, BAKER, M.T. *Historic Textiles, Papers, and Polymers in Museums*. American Chemical Society. Washintn, DC, 2001.

² WELLS, K. *Fabric dyeing & printing*. Conrad Octopus Limited. England, 1997. P. 55.

³ GAYO, M.D., ARTEAGA, A. *Tejidos Hispanomusulmanes*. “Revista del Instituto de Patrimonio Histórico Español” Núm. 5. Madrid, 2005. P. 134.

fibra proteica natural tienen una gran afinidad con todos los colorantes y tiene una resistencia a la tensión superior al resto de tejidos naturales.⁴

Entender cómo influyen dichas sustancias en el comportamiento de la seda y en definitiva en su envejecimiento supone una ayuda para conocer determinados procesos de deterioro.

El café ha sido conocido no solo como bebida sino también por sus propiedades tintóreas⁵, aunque se ha estudiado de forma científica en otras áreas, hasta ahora no había sido analizado desde su vertiente como sustancia tintórea.

⁴ RIQUELME, M. *Agenda del tintorero y estampador*. Artis. Barcelona. 1948.

⁵ KENDAL, T. *Manual para el tinte de hilos y tejidos*. Acanto. Barcelona. 2006. P. 87.

2. ANTECEDENTES Y ESTADO DE LA CUESTIÓN



2.1. La seda.

“La seda es, para Europa, un fuerte signo de identidad regional, un material a través del cual se traducen los encuentros y las confrontaciones religiosas propias de Europa, y un potente motor económico gracias al cual se han constituido muchas redes de poder”⁶.

Podría decirse que cuando se habla de seda, no solo se está haciendo referencia a las fibras producidas por las larvas de *Bombyx mori* sino que se habla de un tejido que ha mantenido a través del tiempo su superioridad y hegemonía constante sobre los demás materiales del comercio y la industria textil.⁷ Un tejido tan rico por sí solo que se tiene constancia de los numerosos casos a lo largo de la historia en los que la seda se presenta sin teñir, debido al atractivo de sus tonalidades perladas y su destacado brillo y luminosidad.

La seda es un tema de primera importancia en la historia de España, tanto por lo que se refiere a su producción como a su papel en el ámbito tecnológico, comercial y cultural. La historia de la seda se remonta catorce siglos y ha supuesto desde la baja Edad Media un motor para el comercio y el crecimiento de ciudades como Valencia, Génova o Toledo.

Este tejido por sus cualidades de solidez y duración y su notable versatilidad para la expresión artística, es desde la antigüedad un codiciado artículo de lujo⁸, realidad que se refleja hoy en día en la calidad y el esplendor de los tejidos históricos conservados en la actualidad.

2.2. Mordientes.

El uso de mordientes no es un requisito indispensable para conseguir teñir un tejido, un mordiente será necesario cuando no exista la suficiente afinidad química entre las fibras textiles y el tinte escogido o se busque asegurar su solidez. Sin embargo, otra función que tienen algunos de estos mordientes es la de modificar o intensificar el resultado cromático de la tinción.

Antiguamente el proceso de tinción se limitaba al baño de tinte y a la aplicación regular de calor. Pero se observaba que en la mayoría de los casos los resultados no eran duraderos y se fueron introduciendo sustancias en estos baños para ayudar a fijar el color. Estos productos son los actuales mordientes. El mordiente es absorbido por la fibra y se une a su estructura molecular. Durante el proceso de teñido los colorantes reaccionan con el mordiente para formar complejos insolubles o lacas. Los mordientes inorgánicos que se han utilizado desde la antigüedad son en la mayoría de los casos, sales metálicas.

⁶ LÓPEZ DE COCA CASTAÑER, J.E. “La seda en el reino de granada (siglos XV y XVI)”. En: FRANCH, R., MORRAL, E., SEGURA, A., MANERA, C., ESCARTÍN, J. *España y Portugal en las rutas de la seda*. Comisión Española de la Ruta de la Seda. Universitat de Barcelona. Barcelona, 1996. Pp. 33-40.

⁷ VICENTE CONESA, M.V. *Seda, Oro y Plata en Valencia*. TRP Comunicación, S.A. Valencia. 1997. Pp. 30-32.

⁸ SANTOS ISERN, V.M., *Cara y cruz de la sedería valenciana. (Siglos XVIII-XIX)*. Institució Alfons el Magnànim. Diputació de València. Valencia, 1981.P. 15.

El más común y de mayor difusión en todo el mundo fue el alumbre, pero también se utilizaron sales de hierro, cromo y estaño. En cuanto a los de origen orgánico, se obtenían de plantas ricas en aluminio, en taninos, o en diversas sustancias ácidas.⁹

Es de suma importancia que el proceso de mordentado, durante el cual estas sustancias se van introduciendo en las fibras, se produzca de forma gradual para procurar una absorción uniforme del tinte en fases posteriores. Muchas veces, para regular esta distribución de las sustancias se acompaña el mordiente de ácidos orgánicos conocidos como igualadores. En Europa estas sustancias se conocían por el nombre de “rasuras”, ácido tartárico o crémor tártaro, esta sustancia es el sedimento que quedaba en el fondo de las cubas de vino y podemos verlo nombrado en numerosos tratados sobre tinción tanto actuales como de varios siglos atrás¹⁰.

En este caso y para realizar el trabajo de laboratorio, se ha optado por utilizar tres mordientes diferentes, algunos combinados entre sí, con la intención de, una vez concluido todo el proceso de teñido de las fibras, comparar las diferencias entre los distintos mordientes y sus procedimientos correspondientes.

En el caso de este trabajo se han utilizado tres mordientes en particular, escogidos por diferentes motivos. Estas sustancias son el alumbre y el dicromato de potasio por su estabilidad, y el sulfato de cobre por su conocida capacidad para intensificar y oscurecer los colores, sobre todo de la gama de los amarillos.¹¹

Históricamente se distinguen tres métodos de mordentado: en primer lugar encontramos el mordentado simultáneo que como su nombre indica, se realiza el mordentado simultáneamente con el proceso de tinción, concretamente se añaden los mordientes al colorante y esta mezcla es la que se utiliza como tinte. Se recomienda su uso para tejidos de lana y seda y en el caso de que se pretenda teñir con colores luminosos.

Por otro lado está el post-mordentado que al realizarse posteriormente al baño de tinción, su función es múltiple, en este caso el mordiente puede utilizarse para añadir intensidad al color del tinte, para fijarlo o para modificar el tono mediante la adición de ciertos mordientes que remueven las fibras teñidas, esto suele hacerse con fibras que han sido mordentadas previamente con alumbre.¹²

Por último, el sistema de pre-mordentado que es el método más popular en Europa desde la Edad Media, consiste en mordentar las fibras previamente en un baño dedicado exclusivamente a este proceso para luego pasar las fibras a un segundo baño donde se realiza la tinción. Da muy buenos resultados con los tintes de la familia de los flavonoides (amarillos). Su popularidad se debe, además de a los buenos resultados que ofrece, a ser una opción bastante económica, pues el baño de mordentado puede reutilizarse algunas veces más. Este es el método escogido para este trabajo ya que es adecuado sobre todo para los colorantes amarillos y permite el control total de los parámetros del proceso.

⁹ ROQUERO, A. *Tintes y tintoreros de America*. Ministerio de Cultura. Madrid. 2006. Pp. 89-90.

¹⁰ RIQUELME, M. *Op. Cit.* P. 62.

¹¹ CARDON, D. *Natural Dyes: sources, tradition, technology and science*. Archetype Publications Ltd. London. 2007.

¹² CARDON, D. *Ibid.* Pp. 12-33.

2.2.1. El alumbre.

El alumbre es uno de los mordientes con el que se ha experimentado en este trabajo. En el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española el alumbre es “*sulfato doble de alúmina y potasa: sal blanca y astringente que se halla en varias rocas y tierras, de las cuales se extrae por disolución y cristalización. Se emplea para aclarar las aguas turbias; sirve de mordiente en tintorería y de cáustico en medicina después de calcinado*”¹³.

Históricamente es el más común de los mordientes, hecho que se comprueba por su destacada presencia en todos los tratados sobre tinción en los que se menciona la cuestión de los mordientes. También se debe a que podía obtenerse en estado puro con facilidad y era una sustancia que cumplía con su función a la hora de fijar el color y aportarle estabilidad sin modificar la coloración. El único cambio visible que aporta el alumbre a los tejidos es que aumenta de una manera muy sutil su luminosidad, un efecto que dependiendo del tinte puede ser un efecto deseado. A partir de la Edad Media en adelante, el alumbre se estableció como uno de los productos básicos del comercio internacional, hasta que, en las áreas de Asia Menor y Europa se encontró la forma de producirlo a partir de rocas que contenían aluminio. Desde ese momento, el alumbre se pudo producir en gran cantidad, situación bastante oportuna que respondía a la necesidad de abastecer las industrias textiles que emergían de forma masiva en Europa, así como en el mundo musulmán y la India.

No todos los países tienen aluminio en sus canteras, este hecho junto a que dichos países a veces tampoco estaban bien situados en las rutas comerciales regulares, hizo que se probasen otras técnicas para obtener este mordiente, concretamente técnicas que obtenían el compuesto de las plantas.

Solo una pequeña fracción de las especies de plantas tiene niveles altos de aluminio en su composición. En general, se considera a una planta acumuladora de aluminio si alcanza el 0'1% en su materia seca. Se relaciona la acumulación de aluminio por parte de estas plantas con la acidez del suelo, hasta la fecha, el papel de esta reserva de aluminio en las plantas se desconoce, pues este fenómeno todavía se está estudiando en la actualidad.

Respecto al término alumbre, que deriva del latín, se debe tener en cuenta que en los textos de relativa antigüedad es posible que dicho término no haga referencia al mismo compuesto en cada ocasión. Aunque siempre se trata de derivados del aluminio, y por lo que se entiende de estos textos, su uso estaba bastante generalizado, de tal forma que ya aparece en documentos del Antiguo Egipto (*ibn o abenu*) en Asiria (*ga-bu-u o Gabium*) y también en Grecia (*stypteria*).

Tras la revolución industrial y el avance tanto químico como tecnológico de las últimas décadas, el término se encuentra plenamente establecido y, hoy en día, el término alumbre se refiere al alumbre potásico: $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$.

El alumbre potásico o alumbre de potasio (denominado también alumbre napolitano) es una sal doble de aluminio y potasio hidratada (con 12 moléculas de agua), se trata de una sal cristalina muy soluble en agua de ligero sabor entre dulce y astringente. Esta sal se presenta en forma de cristal y corresponde a la categoría de alumbres, y es el más común de ellos.

No existe producción industrial de este compuesto, y suele encontrarse en forma de mineral de origen volcánico y las trazas proceden de la acción de las solfataras (una combinación de ácidos sulfúricos y

¹³ Real Academia de la Lengua Española. Diccionario, 22ª edición.

anhídridos sulfúricos) sobre las rocas que contienen sales aluminico-potásicas. Se puede encontrar también algunas trazas en pizarras bituminosas, así como en yacimientos de hulla y de lignito.

2.2.2. Los mordientes del cromo.

El tipo más frecuente de mordiente de cromo que se encuentra en la historia de los tintes y colorantes es el dicromato potásico ($K_2Cr_2O_7$), que es una sal del hipotético ácido dicrómico (este ácido es considerado una sustancia no estable) $H_2Cr_2O_7$. Se trata de una sustancia de color intenso anaranjado. Es un oxidante muy fuerte.

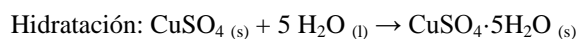
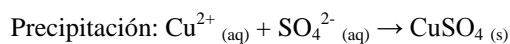
Debemos tener en cuenta que es altamente tóxico y también sensible a la luz por lo que debe ser manejado con cuidado ya que en contacto con sustancias orgánicas puede provocar incendios...¹⁴, a pesar del riesgo toxicológico hoy en día todavía se utiliza en muchos países junto con los actuales tintes sintéticos. El éxito de este mordiente se explica por el hecho de que, al igual que el alumbre, puede formar complejos muy estables con los colorantes que requieren mordientes y con las fibras textiles, motivo por el cual ha sido escogido para este estudio. Los colorantes que han sido utilizados en conjunto con un mordiente derivado del cromo han dado lugar a tinciones altamente estables a la acción de la luz y los lavados. Por esta razón han sido adoptados por la industria textil desde mediados del siglo XIX.¹⁵

2.2.3. Los mordientes de cobre.

El sulfato de cobre (II), también llamado sulfato cúprico ($CuSO_4$), vitriolo azul, piedra azul, caparrosa azul, vitriolo romano o calcantita es un compuesto químico derivado del cobre que forma cristales azules, solubles en agua y metanol y ligeramente solubles en alcohol y glicerina. Su forma anhidrica ($CuSO_4$) es un polvo verde o gris-blanco pálido, mientras que la forma hidratada ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) es azul brillante.¹⁶

Este compuesto está disponible comercialmente, así que ya no se prepara en laboratorio como antes. Su producción se hace industrialmente a través de la acción del ácido sulfúrico en una variedad de compuestos de cobre (II), tales como Óxido de cobre (II) y de carbonato del cobre. Tales reacciones se consideran reacciones redox u oxidación-reducción.

La más común de sus producciones, es la precipitación de sulfato pentahidratado por sobre saturación con ácido sulfúrico, a partir de soluciones concentradas de cobre provenientes de lixiviación de minerales oxidados de cobre, también en medio sulfato, obedeciendo las siguientes reacciones químicas.



Se sabe de la existencia de este producto como mordiente a raíz de textos datados entre el año 300 y el 700 d.C. encontrados en el área mediterránea y en la India, donde se encontraron referencias al sulfato de

¹⁴ Fichas Internacionales de Seguridad Química. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. ICSC: 1371.

¹⁵ CARDON, D. *Op. cit.* P. 48.

¹⁶ Fichas Internacionales de Seguridad Química. *Op. cit.* ICSC: 1416.

cobre (tuttha) presentes en textos sobre el mordentado y el teñido de fibras junto al sulfato de hierro. En ellos se indicaba que con el sulfato de cobre y el de hierro se lograba modificar y oscurecer los tintes naturales, sobre todos a los amarillos, que pasaban a tener un tono más cercano al bronce o en algún caso verdoso.¹⁷

En algunos tratados sobre colorantes y tintes se considera el cobre como un mordiente que dota de mayor resistencia a la luz que el alumbre.¹⁸

La razón principal de la elección de este mordiente es su capacidad para intensificar y oscurecer la coloración de los tintes, característica que comprobaremos en este estudio mediante métodos analíticos.

¹⁷ CARDON, D. *Op cit.*. P. 47

¹⁸ CANNON, M. y J. *Dye Plants and dyeing*. The herbest Press, in association with the Royal Botanic Gardens, Ken. London, 1994.

2.3. El tinte.

“La ciencia de la tintura consiste en extraer las partes colorantes de los diferentes cuerpos que las contienen y trasladarlos a los que ha de recibir, de suerte que queden aplicadas o contraídas a ello lo mas sólidamente que sea posible”.¹⁹

Un colorante natural es, en términos biológicos, aquel que se sintetiza y se acumula en las células de plantas o animales. La gran mayoría se encuentra en el mundo vegetal. No existe necesariamente una correspondencia entre el color de la planta y el colorante que contiene. También es variable la distribución morfológica de la materia tintórea en la planta que la contiene, pudiendo encontrarse además, en una misma especie, distintos pigmentos en la raíz, las hojas o los frutos.

En general, una planta suele contener varios colorantes del mismo o diferente grupo. Prácticamente todas las plantas vasculares contienen colorantes amarillos del grupo de los flavonoides. El hecho de que una molécula esté o no coloreada viene determinado por su estructura, y de acuerdo con sus afinidades estructurales se han clasificado los colorantes orgánicos en cuatro grandes grupos divididos a su vez en dos subgrupos (tabla 1).

Tabla 1. COLORANTES NATURALES

Caretonoides	Colorantes amarillos y anaranjados.
Flavonoides	Colorantes amarillos y anaranjados, más el subgrupo de los antocianos (colorantes azul-violeta y rojo).
Quinonas	Colorantes anaranjados, rojo-siena y carmesí.
Indigoides	Azul y púrpura.

El procedimiento más común (salvo en el caso de los indigoides) para extraer de forma artesanal el colorante de la planta o animal que lo contiene es la decocción de la materia prima (hojas, raíces, frutos, etc., previamente triturados) durante un tiempo variable, generalmente no inferior a una hora. De esta manera se obtiene la disolución del colorante que llamamos baño de tinte. Las características estructurales de cada sustancia tintórea terminan su diferente comportamiento como tinte. Por eso se desarrolló un procedimiento específico para cada grupo²⁰, que en la práctica se establece del siguiente modo (tabla 2).

Tabla 2. CLASIFICACION DE LAS SUSTANCIAS TINTOREAS

Tintes directos: berberina, bixina, curcumina y algunos ácidos liquénicos.
Tintes que se fijan con la ayuda de un mordiente: caretonoides, flavonoides y quinonas.
Tintes que se aplican mediante un proceso de reducción-oxidación.
Tintes que se aplican por oxidación de taninos con compuestos de hierro.
Tintes que se aplican por foto-oxidación de los taninos.

¹⁹MACQUER, MR. *Arte de la tintura sobre seda*. Academia Real de las Ciencias de París. Madrid, 1771.

²⁰ROQUERO, A. *Loc. Cit.*

2.3.1. El proceso de tinción.

La primera cualidad indispensable que caracteriza a las materias tintóreas es la de ser hidrosolubles. En segundo lugar han de poseer una afinidad de mayor o menor grado hacia las fibras para ser admitidos por estas. Esta afinidad, que depende de la disposición de los grupos polares de las moléculas del colorante, solo se da de forma absoluta en unos pocos tintes, los denominados directos o sustantivos.²¹

Podemos valorar la calidad de un tinte a partir de ciertos parámetros, que son:

Intensidad de color: el color de una sustancia depende de cómo absorbe la luz. Las moléculas orgánicas que absorben la luz en longitudes de onda más cortas que las ultravioleta, (a partir de 400 nanómetros), se nos presentan sin color. Algunos compuestos absorben la luz en el rango visible, en esos casos el color que apreciamos es el de las longitudes de onda que no son absorbidas.

A continuación (tabla 3) se aprecia la relación entre la absorción de la luz y el color que el ojo humano es capaz de ver.²²

Tabla 3. ABSORCIÓN LUMÍNICA

Long. de onda	Color correspondiente	Color observado
400 nm	Ultravioleta	Ninguno
400 nm	Violeta	Amarillo verdoso
425 nm	Indigo – azul	Amarillo
450 nm	Azul	Naranja
490 nm	Azul – verde	Rojo
500 nm	Verde	Morado
530 nm	Amarillo – verde	Violeta
550 nm	Amarillo	Indigo-azul
590 nm	Naranja	Azul
640 nm	Rojo	Verde azulado
730 nm	Morado	Verde

Es necesario destacar la solubilidad de estos tintes como otra de sus propiedades a valorar, pues de ella dependerá el éxito de un baño de tinción. La gran mayoría de los tintes se aplican en una solución acuosa, en el momento en el que una fibra natural se humecta, el agua que penetra en las zonas amorfas de la fibra causa una hinchazón en esta, entonces los tintes pueden penetrar en estos espacios siempre que las moléculas de dicho tinte no sean demasiado grandes. El calor es un factor que acelera este proceso, pero si el tinte se adhiere excesivamente rápido a la fibra el resultado puede ser un tejido desigual. Por lo tanto, permitir la penetración lenta y profunda de las moléculas del tinte nos dará mejores resultados, pero nunca debe haber un exceso, pues un tiempo excesivamente prolongado de contacto entre las fibras y el tinte puede dañar irreversiblemente las fibras.²³

²¹ ROQUERO, A. *Op. cit.* Pp. 81-96.

²² LANDI, S. *The textile conservator's manual*. Butterworths.England, 1985. P. 11.

²³ LANDI, S. *Ibid.* P. 12.

Por último la estabilidad de estos tintes es esencial para asegurar el éxito en los procesos de tinción, pues un tinte debe tener la capacidad de soportar los tratamientos que sufre la fibra durante su fabricación como tejido y el uso que se le dará en el futuro, concretamente en el lavado y la exposición a la luz.

2.3.2. El tinte: *coffea arabica*

El árbol del café es originario de Etiopía aunque la historia de su cultivo y su utilización como bebida se centra en Arabia en torno al siglo XV. La bebida fue introducida en Europa en el año 1600 aproximadamente y pronto se hizo popular en muchos países del continente. El origen de la palabra café deriva de la región de donde procede, en Etiopía: Kaffa.²⁴

El café es un arbusto de la familia de las rubiáceas, del género *coffea*. De hojas lustrosas y alargadas, sus flores son parecidas a las del jazmín. Seis meses después de la floración van apareciendo los racimos de color verde intenso, que se transforman a rojo en el proceso de maduración, hasta lograr un tono rojo carmesí.

El género *coffea* ha sido clasificado en cuatro grupos, de los cuales el *Eucoffea* es el que nos atañe, que a su vez se divide en cinco subgrupos entre los que se encuentran las dos especies comerciales de café más destacadas, la *Coffea arabica* y la *Coffea canephora*.

En este caso se ha trabajado con la especie *Coffea arabica*. De esta especie se puede encontrar en el mercado la variedad Colombia y la Brasil, se ha escogido la primera, la más común en los comercios. Popularmente cuando se obtiene esta variedad de café tiene la denominación de café torrefacto en grano.

El café torrefacto es un tipo de café que se denomina así debido al proceso al que se ven sometidos los granos de café, estos granos no solo son tostados sino que durante dicho proceso se les añade hasta un 15% de azúcar, en cuyo caso el proceso se denomina torrefacción y el café resultante obtiene un sabor algo más vigoroso y granos de brillo aceitoso a consecuencia del caramelo depositado.

Con el tueste, los granos duplican su tamaño. Al principio de la aplicación del calor, el color de los granos verdes pasa a amarillo, luego a marrón canela. Es en ese momento cuando el grano pierde su humedad. De hecho, el grano de café pasa de contener un 10-13% de agua a tan solo un 5%. Cuando la temperatura en el interior alcanza alrededor de 200 °C, salen los aceites de los granos. En general, cuanto más aceite hay, más sabor tiene el café.

Coffea arábica o *cafeto arabica* es la especie que se cultiva desde más antiguamente, y representa el 75 por ciento de la producción mundial de café. Produce un café fino y aromático, y necesita un clima más fresco. El cultivo del *arabica* es más delicado, menos productivo y está reservado a tierras altas de montaña, entre 900 y 2.000 msnm. Originario de Etiopía, hoy en día se produce en países como Brasil, Camerún, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Guatemala, Nicaragua, Haití, Jamaica, Java, Kenia, México, Perú, Bolivia, Puerto Rico, República Dominicana, El Salvador, Tanzania, Honduras y Venezuela.

En cuanto a su composición química, no se puede generalizar pues esta depende de la variedad de café, de las condiciones en las que se cultive y en los procesos posteriores a su recolección. Algunos constituyentes de los granos de café pueden ser destruidos durante el tostado, originando nuevos compuestos presentes en las infusiones o sustancias volátiles.

²⁴ CLARKE, R.J., MACRAE, R. *Coffee. Volume 1, Chemistry*. Elsevier Applied Science, London and New York. England, 1985. Pp.1-25.

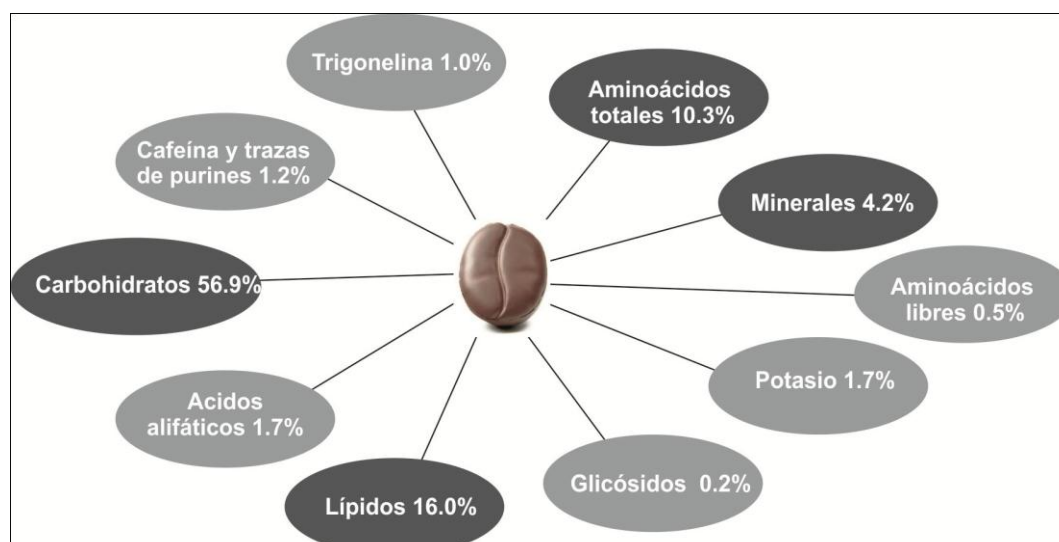


Fig.1 Composición química del *Coffea arabica* (% en materia seca)

En el esquema (fig.1) se aprecian los componentes más destacados cuantitativamente en el café²⁵, como los carbohidratos, que se encuentran presentes en diferentes rangos; por un lado los polisacáridos pero también los glúcidos de bajo peso molecular entre los que se incluyen a los tri, di y monosacáridos. Los lípidos también suponen una fracción significativa, de hecho son los ácidos grasos los componentes que se utilizan en algunos estudios para determinar la variedad de café ante la que nos encontramos. Estos lípidos están presentes en el denominado “aceite del café” presente sobretodo en el endospermo pero también en una especie de sustancia cerosa que recubre los granos.

El aspecto que más interesa sobre la planta del café en este caso es su faceta como pigmento. En la cultura popular se encuentran referencias de este compuesto utilizándolo para teñir desde fibras textiles hasta cabello humano.

Físicamente, el grano del café ya indica con su color parte de su historia, pues según ciertos estudios, el color de dicho grano, o incluso la falta de este, indica desde la recolección de granos inmaduros hasta procesos de secado excesivos.²⁶ No se ha podido determinar si las sustancias tintóreas del café están en el exterior de sus granos o en su interior, por lo que es posible saber hasta qué punto el aspecto del grano debido a los procesos a los que se ha visto sometidos, afecta al resultado final de la tinción.

Hay diversos estudios en los que se ha hecho un intento por identificar y clasificar los compuestos de los granos del café que son responsables de las reacciones de pardeamiento, ninguno de estos estudios hasta la fecha ha tenido un éxito total, tan solo han aportado una aproximación.

El trabajo del Dr. Maier y su equipo para una serie de publicaciones sobre el café arroja algo de luz sobre el interrogante de cuáles son las sustancias pigmentantes de los granos de café. Inicialmente plantean que al parecer, los pigmentos del café están asociados a los componentes de mayor peso molecular, lo que indica que estamos ante una gama muy compleja de compuestos coloreados.²⁷

²⁵ CLARKE, R.J., MACRAE, R. *Op. cit.* P.32.

²⁶ VEIGA, A., CAÑÁS, J., DÍAZ, O., COBOS, A. *Análisis físico-químico y caracterización lipídica de tres de las principales variedades comercializadas de café.* Revista de tecnología e higiene de los alimentos. Nº 365. Pp. 54-62. Universidad de Santiago de Compostela. 2005.

²⁷ CLARKE, R.J., MACRAE, R. *loc. cit.*

En esta publicación se plantea el método de trabajo y los resultados de Maier y su equipo, que consistieron en un acercamiento a la comprensión parcial de las reacciones de pardeamiento. Este trabajo consistió en fraccionar los componentes de café para ir descartando aquellos que no participasen en la pigmentación.

Para ello realizaron pruebas de cromatografía de filtración con gel, concretamente con Sephadex G-25, marca comercial del gel de dextrano (polímero ramificado de glucosa, entrecruzado y formado en pequeñas esferas). Este gel se utiliza en bioquímica como tamiz molecular, es decir, para la separación de sustancias de distintos pesos moleculares, método conocido como cromatografía de filtración en gel.

En una primera fase de los estudios, se separaron con este sistema, los componentes solubles en éter extraídos del café y se descartaron ya que estos eran de color pero suponían una parte muy pequeña del total de los pigmentos.

Tras es el estudio de las fracciones obtenidas con la cromatografía de filtración en gel, se pudo observar que estas fracciones diferían en la intensidad de color con respecto a su peso molecular, siendo las de más bajo peso molecular más oscuras.

Maier observó una considerable masa en cada una de estas fracciones coloreadas, pero no está claro que porcentaje de este material es realmente pigmentante y cual es material incoloro. Al parecer, la naturaleza de esta asociación sigue siendo, a pesar de los estudios realizados, desconocida.

Los espectros de absorción visible de las fracciones de color mostraron pocas características y proporcionaron poca información para la diferenciación, mientras que los espectros ultravioleta sugieren la presencia de otros componentes en el café que no pudieron ser confirmados, como por ejemplo la trigonelina y la cafeína. La participación directa de los aminoácidos y los azúcares en la formación de pigmentos pardos se obtuvo de un análisis más detallado de las fracciones.

Por ejemplo una de las fracciones contiene por un lado manosa, arabinosa y galactosa y un amplio número de aminoácidos (Asp, Gly, Pro, Ile, Val, Tyr, Ala y Glu) que fueron identificados por hidrólisis.

En una segunda fracción se volvió a encontrar la presencia de aminoácidos, con un patrón muy similar a las otras fracciones, destacando el ácido glutámico, que en el café tostado es también un componente principal en el melanoidinas. Meier concluye que la participación de los aminoácidos en la formación de materia colorante está plenamente establecido, lo que no está tan claro es la importancia y el papel reactivo de otras sustancias en este proceso, como los azúcares o las proteínas.

Otro estudio publicado en la Revista Colombiana de Física²⁸, identificó la pigmentación del café orgánico usando espectroscopia fotoacústica, esta técnica trabaja en el rango visible del espectro electromagnético aplicándose a muestras orgánicas vegetales, dando información sobre los pigmentos que estas muestras contienen. Afirman en este estudio que la pigmentación de un material orgánico está estrechamente relacionada con su color y con sus propiedades alimenticias. En estos estudios se dan a conocer mediciones espectroscópicas en el “rango visible del espectro electromagnético, usando la técnica fotoacústica, para muestras de café orgánico tostado y molido provenientes de la región de Quindío y de Risaralda, en Colombia”. Lo que encontraron en estas muestras son “diferentes bandas relacionadas con centros de absorción para los pigmentos: algunos carotenoides y clorofila a y b”, ambos considerador pigmentos de origen natural.

También aportan un dato de suma importancia, pues al hacer mediciones con diferentes niveles de humedad, pudieron comprobar que al descender bruscamente la humedad se favorece la sintonización de las moléculas que participan en la pigmentación del café, como en el caso de la clorofila. Por lo tanto

²⁸ GORDILLO, F., HERRERA, J.A., DUQUE, J.D., ARIZA, H. *Estudio de la pigmentación de café orgánico con diferentes grados de humedad usando espectroscopia fotoacústica.* "Revista colombiana de física", Vol. 37, Pp. 114-117. N° 1. Colombia, 2005.

podemos decir que el proceso de tostado del grano es esencial para conseguir que el café pueda llegar a utilizarse como un tinte.

Finalmente, ciertos estudios sobre la medida del color de las infusiones de café aportan un punto de vista que hasta ahora esta investigación no había tenido en cuenta y que supondría otra variante de estudio. En este estudio se determinan las causas que hacen que tanto el ojo humano como un colorímetro triestímulo distingan diferentes intensidades cromáticas en las muestras con infusión de café. En las condiciones normales de consumo, la infusión de café presenta las características de un cuerpo traslucido, cuyo color es la resultante de la luz reflejada y de la dispersada en las capas próximas a la superficie²⁹. El objetivo de este estudio fue investigar métodos rápidos y simples para medir el color de la infusión de café y de la mezcla de café con leche con un colorímetro triestímulo.

En sus resultados, relacionaron directamente el color de la bebida con su claridad o luminosidad, y al medir la intensidad del rojo de las infusiones de café, apreciaron lo difícil que resulta detectar visualmente la cromaticidad del color en productos de baja claridad, lo que llevó a que los resultados relacionasen las muestras más oscuras con las de mayor intensidad de color.

²⁹ FERREIRA, V.L.P., MAEDA, S.L. *Medida del color de las infusiones de café y del café con leche*. Instituto de Tecnología de Alimentos (ITAL). Avda. Brasil, 2.880. SP. Brasil, 1984.

3. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA



3.1. Objetivos generales

Tanto el trabajo de documentación e investigación como el de laboratorio tienen en común una serie de objetivos que se citan a continuación:

- Determinar la validez del *coffea arabica* como tinte para tejidos de seda y optimizar los procesos de tinción con este material.
- Hacer una comparación entre una selección de los mordientes más comunes y valorar la repercusión de la aplicación de estos en la coloración final.
- Experimentar con sustancias que modifican e intensifican el color.
- Obtener y clasificar la máxima variedad tonal que ofrece esta sustancia.

Este proyecto pretende abarcar todos los aspectos posibles de la identificación y valoración de los materiales tratados, así como la ampliación de dichos materiales. Por eso, en el presente texto se expondrán los resultados de una serie de trabajos experimentales que pertenecen al estadio inicial de una investigación que se pretende retomar en el futuro con el objetivo de completar y ampliar estos estudios.

3.2. Objetivos específicos:

Para comenzar con el trabajo de laboratorio se han realizado una serie de pruebas para alcanzar nuestros objetivos. Las pruebas a las que se han sometido las muestras son:

- Distinguir de manera cualitativa los resultados de los distintos procesos de tinción, concretamente los cambios cromáticos y tonales que experimenta la seda tras los baños de mordentado y el teñido con café.
- Determinar los elementos presentes en la seda tras los procedimientos de mordentado y tintado así como, observar la distribución de estos en la fibra, si se quedan en superficie o si por el contrario su distribución es totalmente homogénea.
- Evaluar los cambios cromáticos en las muestras tras los procesos de mordentado y tinción mediante un método objetivo y fiable que nos permita catalogar los niveles de aumento de color obtenidos y compararlos entre sí.

3.3. Metodología:

El curso que esta investigación ha seguido se inició en la revisión bibliográfica de los manuales y tratados sobre tintes naturales como las obras de Ana Roquero³⁰ o Dominique Cardon entre otros, pero destacando notablemente la obra: “*Las plantas tintóreas*” de Maribel G.Polo y Romano Giudicissi³¹, que en 1986 publicaron un práctico y singular manual donde enumeraban la gran mayoría de los tintes naturales utilizados hasta la actualidad en la cultura popular, entre ellos se encontraron tintes tan diversos como el tabaco, el té o el café.

Esta premisa llevó a consultar artículos y publicaciones de revistas especializadas para dar con algunos estudios preliminares de la pigmentación del café y de la composición química de este como pigmento, como es el caso de los estudios del Doctor Maier³² o las publicaciones en la Revista colombiana de física³³.

Debemos destacar la dificultad a la hora de obtener esta información pues el tema de la pigmentación del café es un campo poco estudiado hasta la fecha. Es lógico pues, el café es estudiado en los ámbitos de la nutrición, la agricultura y la medicina pero su composición química como colorante no es de interés para ninguna de estas disciplinas y a día de hoy no todos los tratados que recogen los tintes naturales tienen en cuenta el café, a pesar de que siempre se le han conocido propiedades tintóreas.

Aun así se debe destacar la obra editada por R.J. Clarke y R. Macrae³⁴, por ser una obra exhaustiva y muy completa sobre la tecnología, la química y el consumo internacional de café, una recopilación que ha ayudado a esclarecer algunas cuestiones esenciales sobre el carácter pigmentante de esta bebida.

Con la confirmación de las propiedades tintóreas del café se pasó a iniciar un trabajo experimental en el que evaluaríamos la características de la variedad *Coffea arabica* como tinte combinándolo con varios mordientes y comparando los resultados. Esto lleva a tratar el tema del mordentado, pues un mordiente cambia y favorece las propiedades del tinte a niveles muy significativos. Los procesos tanto de mordentado como de tinción, así como las cantidades y proporciones para llevarlos a cabo fueron extraídos de la tesis doctoral “*Tejidos labrados de la España del siglo XVIII y las sedas imitadas del arte rococó en Minas Gerais (Brasil)*”³⁵; presentada en el Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de la Universidad Politécnica de Valencia por el doctorando Antonio Fernando Batista dos Santos.

El trabajo experimental consistió en obtener una serie de probetas o muestras de seda de un tamaño apto para trabajar con ellas y efectuarles los análisis pertinentes, por eso se han realizado con una superficie de 5 cm². Posteriormente han sido sometidas a los procedimientos que se ilustran en el esquema que encontramos a continuación (fig. 2).

³⁰ ROQUERO, A. *Loc. cit.*

³¹ POLO, M.G., GIUDICISSI, R. *Las plantas tintóreas*. Penthalon, D.L. Madrid, 1986

³² CLARKE, R.J., MACRAE, R. *Loc. cit.*

³³ GORDILLO, F., HERRERA, J.A., DUQUE, J.D., ARIZA, H. *Loc. cit.*

³⁴ CLARKE, R.J., MACRAE, R. *Loc. cit.*

³⁵ BATISTA, A. F. *Los tejidos labrados de la España del siglo XVIII y las sedas imitadas del arte rococó en Minas Gerais (Brasil) : análisis formal y analogías* / tesis doctoral Universidad Politecnica de Valencia. Valencia, 2009.

Con las muestras listas y los procesos de mordentado y tinción concluidos se ha comenzado con la etapa analítica del proyecto para poder tener una visión objetiva y científica de los resultados obtenidos en los baños de tinción.

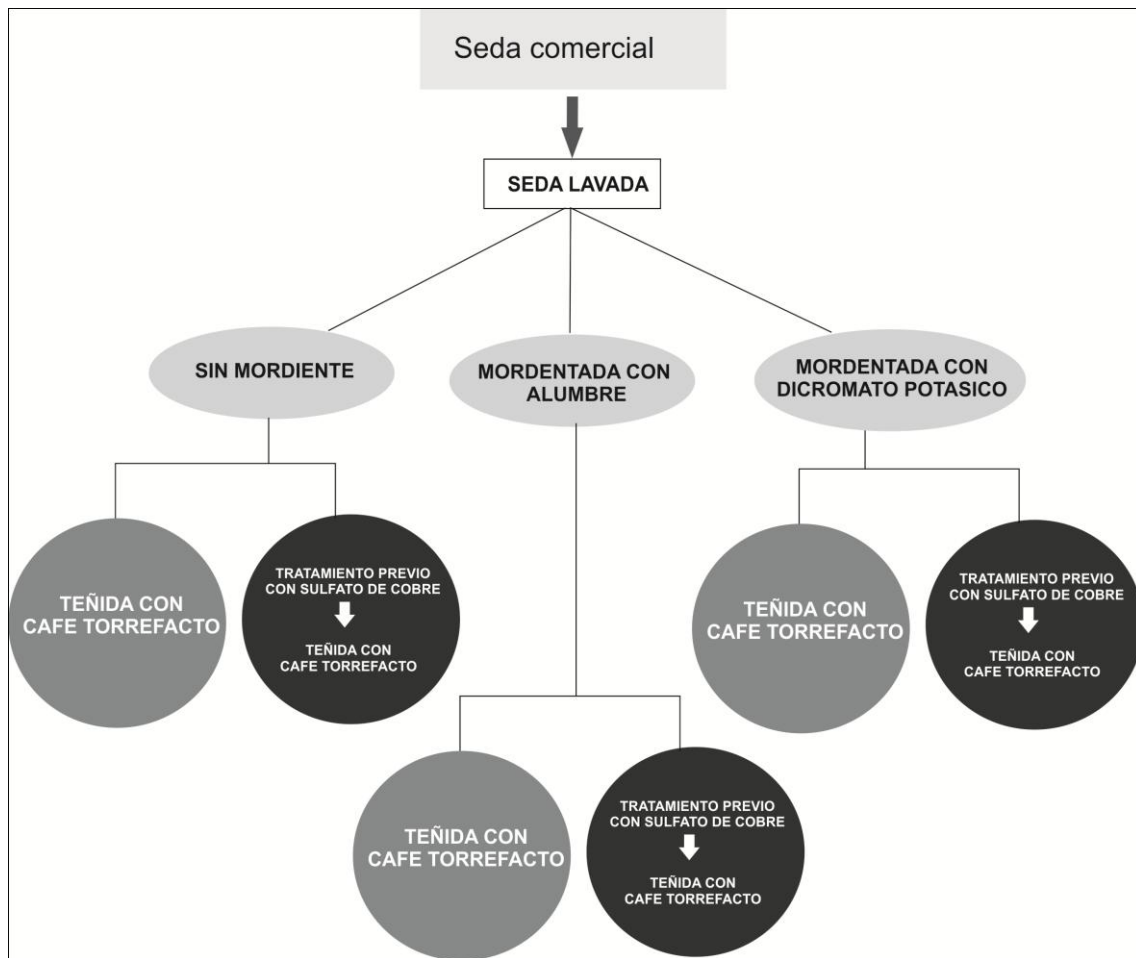


Fig. 2 Diagrama de procesos aplicados a las muestras.

4. PROCESO EXPERIMENTAL



4.1. Materiales y reactivos:

Los siguientes materiales que se especifican han sido utilizados durante la obtención del tinte, así como los demás procesos de mordentado y tinción:

- Seda: El tejido elegido es del tipo "ponge", es de ligamento tafetán con una densidad de 60 hilos x 60 hilos. Sodintex S.L., gramaje 0'00459 g/m.
- Alumbre potásico. PRS Panreac. Para análisis.
- Dicromato potásico. Carlo Erba Reagents. Purísimo.
- Sulfato de cobre. Carlo Erba Reagents. Para análisis.
- Tinte: Café torrefacto en grano, natural. Hacendado. Molido con el molinillo eléctrico Braun.

4.2. Preparación de los materiales.

4.2.1. Lavado del tejido.

Se parte de una pieza de seda que fue cortada en secciones de 5 cm² cada una.

Estas probetas posteriormente han sido sometidas a una baño de lavado y así eliminar sustancias no deseadas que alterarían el proceso de estudio, este baño ha consistido en sumergir las fibras durante una hora en agua desionizada a una temperatura constante de 50 °C.

4.2.2. Mordentado.

Los procesos de mordentado han sido los siguientes:

- **Mordentado con alumbre.**

Se ha utilizado alumbre potásico al 15% (del peso de la fibra) disuelto en 400 ml de agua desionizada.

El proceso ha consistido en llevar la temperatura del agua a 90°C con el alumbre potásico disuelto, momento en el que se deben sumergir el tejido, agitarlo suavemente para que se distribuya el mordiente homogéneamente y cerrar el recipiente donde se esté realizando el proceso. En ese momento bajaremos progresivamente la temperatura hasta alcanzar los 70°C y se mantiene esta temperatura de manera constante durante 60 minutos para, una vez finalizados, se deja de aplicar calor al baño con la finalidad de que el agua junto con las fibras se enfríen conjuntamente. Más tarde, cuando la temperatura alcance unos 20-25°C aproximadamente, ya se puede retirar la seda sin escurrir ni retorcer y extenderla en un papel secante para ayudar a la correcta evaporación del baño. Este proceso debe realizarse en un sitio seco pero sin luz directa.

- **Mordentado con dicromato de potasio:**

Se ha utilizado dicromato potásico al 15% (del peso de la fibra) disuelto en 400 ml de agua desionizada.

El proceso ha consistido en llevar la temperatura del agua a 40°C con el dicromato de potasio disuelto, momento en el que se deben sumergir el tejido, agitarlo suavemente para que se distribuya el mordiente homogéneamente y cerrar el recipiente donde estemos realizando este proceso. En ese momento se eleva progresivamente la temperatura hasta alcanzar los 90°C y se mantiene esta temperatura de manera constante durante 5 minutos para, una vez finalizados, se deja de aplicar calor al baño para que el agua junto con las fibras se enfríe conjuntamente. Este proceso debe durar, incluida la fase de enfriamiento, 50 minutos en total, cuando este tiempo haya transcurrido, podemos retirar la seda sin escurrir ni retorcer y extenderla en un papel secante para ayudar a la correcta evaporación del baño que debe realizarse en un sitio seco pero sin luz directa.

Este proceso de mordentado tiene como finalidad la de fijar el color y hacerlo más estable en el futuro.

- **Baño de sulfato de cobre:**

Se ha utilizado sulfato de cobre al 15% (del peso de la fibra) disuelto en 400 ml de agua desionizada.

El proceso ha consistido en llevar la temperatura del agua a 40°C con el sulfato de cobre disuelto, momento en el que se deben sumergir las fibras, agitarlas suavemente para que se distribuya el mordiente homogéneamente. En ese momento se eleva progresivamente la temperatura hasta alcanzar los 90°C y el resto del proceso se realiza del mismo modo que en el caso del mordiente dicromato potásico (fig.3).



Fig. 3 Detalle de la aplicación y el resultado del sulfato de cobre

Este baño no tiene como finalidad la de fijar el color durante la tinción, con este tratamiento, se obtiene una fibra con un color verde-azulado, que más tarde, al ser teñida con el café dará como resultado un tono más oscuro del que se obtiene en las fibras que no han sido sometidas a este tratamiento como en los dos casos anteriores.

4.2.3. Preparación del tinte:

Para obtener el tinte de café se ha adquirido café torrefacto en grano, obtenido en una tienda de alimentación, confirmando que la variedad más común de este árbol es la *coffea arabica*.

A continuación se ha molido, lo que garantiza que está libre de aditivos e impurezas que se podrían dar en los cafés ya molidos que se comercializan hoy en día (fig.4). Estos granos se han triturado justo antes de obtener el tinte para asegurar que no se pierde ninguna de las propiedades del café, pues no se conoce si la oxidación puede afectar a la calidad de los componentes pigmentantes del interior del grano de café, por lo tanto cuanto menos tiempo lleve molido mejor. Según la receta tradicional, este café debe estar en remojo una noche entera, lo que se traduce en unas 10-12 horas aproximadamente, que es el tiempo que se ha tenido el café molido sumergido en agua desionizada.



Fig. 4 Diferencia entre café en grano y molido

Después de tener el café en remojo, se ha puesto al fuego para hacer la infusión de café que se utilizara como tinte. Este proceso ha durado aproximadamente 50 minutos a una temperatura constante de 50°C. Después se ha dejado enfriar durante 20 minutos y se filtró con un tul sintético de malla cerrada para separar el residuo del tinte (fig.5).

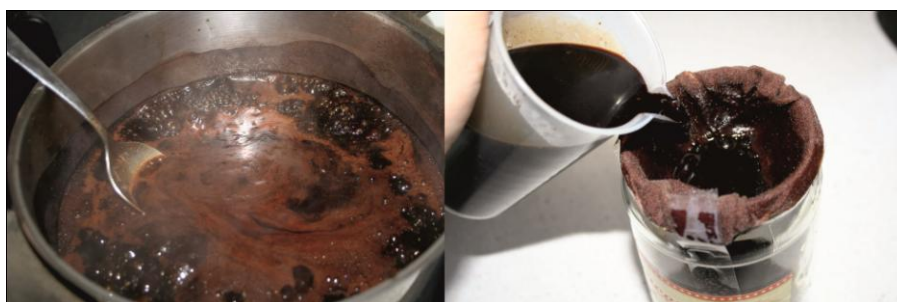


Fig. 5 Detalle de la obtención del tinte de café

4.2.4. Tinción de las muestras.

Se ha utilizado la infusión de café en una proporción de dos partes de tinte por una de fibra, disuelto en 400 ml de agua desionizada.

El proceso ha consistido en llevar la temperatura del agua a 40°C con el tinte disuelto, momento en el que se deben sumergir las probetas, agitarlas suavemente para que se distribuya el tinte homogéneamente. En ese momento se eleva progresivamente la temperatura hasta alcanzar los 90°C y se mantiene esta temperatura de manera constante durante 15 minutos para, una vez finalizados, llevar la temperatura progresivamente hasta 30°C (fig.6). Este proceso dura 60 minutos en total, y una vez finalizados, se debe extraer la seda del baño y aclararla en otro recipiente con agua desionizada.



Fig. 6. Detalle del proceso de tinción

Por último, se extienden las muestras en un papel secante para ayudar a la correcta evaporación del agua. Este proceso debe realizarse en un sitio seco pero sin luz directa.

Las muestras obtenidas tras los procesos de mordentado y tinción son las siguientes:

- **Muestra sin tratar.**

SL Seda lavada

- **Muestras con y sin mordentado de sulfato de cobre, teñidas con café.**

SL+ CA (*coffea arabica*)

Seda lavada, teñida con café

SL+Cu+CA

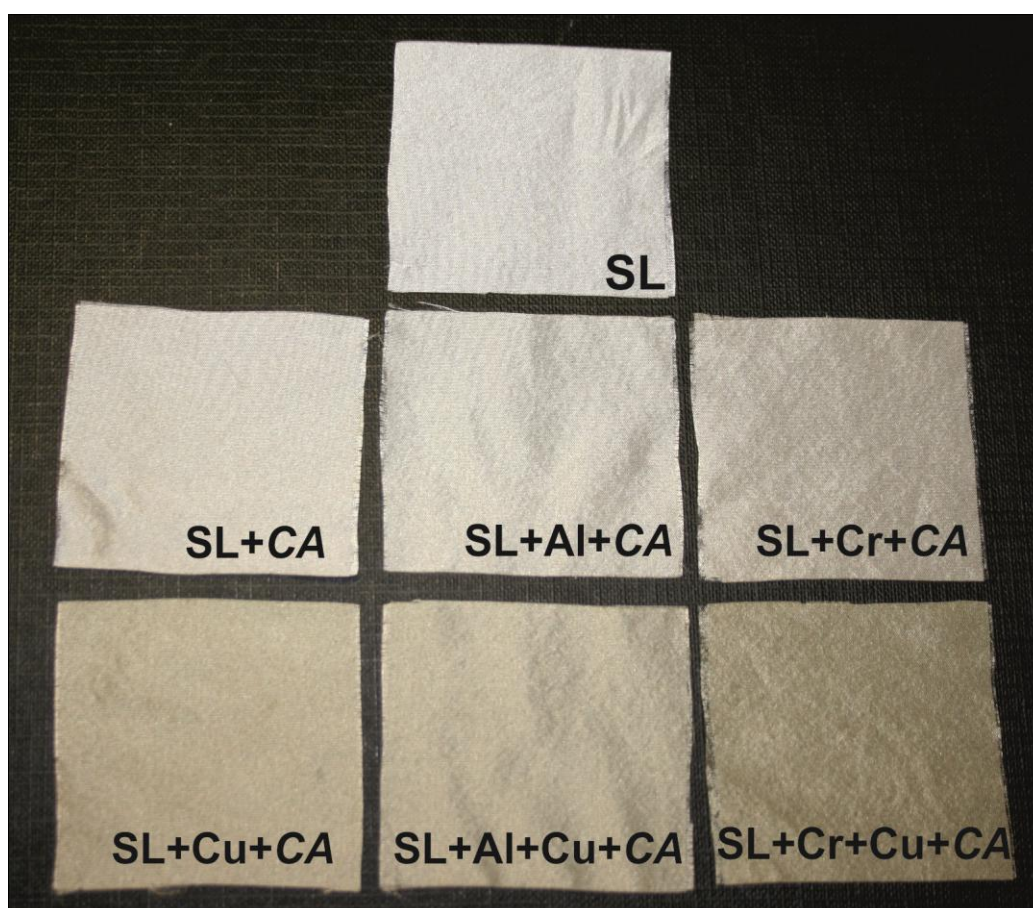
Seda lavada, mordentada con sulfato de cobre, teñida con café

- **Muestras mordentadas con alumbre, con y sin mordentado de sulfato de cobre, teñidas con café.**

SL+Al+ CA	Seda lavada, mordentada con alumbre, teñida con café
SL+Al+Cu+CA	Seda lavada, mordentada con alumbre, con sulfato de cobre, teñida con café

- **Muestras mordentadas con dicromato potásico, con y sin mordentado de sulfato de cobre, teñidas con café.**

SL+Cr+ CA	Seda lavada, mordentada con dicromato potásico, teñida con café
SL+Cr+Cu+CA	Seda lavada, mordentada con dicromato potásico, con sulfato de cobre, teñida con café



Macrofotografía de las muestras tras los procesos mencionados.

4.3. Instrumentación.

- Microscopía óptica (LM): Microscopio óptico marca Leica, modelo DMR con iluminación incidente y transmitida y sistema de polarización en ambos casos.
- SEM: El microscopio electrónico de barrido empleado Jeol JSM 6300 opera con un sistema de microanálisis Link-Oxford-ISIS de rayos-X. Las condiciones analíticas fueron 20-kV de voltaje, 2×10^{-9} A de amperaje y con una distancia de trabajo de 15 mm.
- Colorimetría: El análisis colorimétrico fue realizado con un espectrofotómetro Minolta CM-2600d enlazado a un PC. Las medidas se realizaron con el componente especular excluido e incluido (SCE y SCI) utilizando iluminante CIE D65 (6500° K) y observador estándar 10° (KONICA MINOLTA SENSING, Inc.)

4.4. Procedimiento de los análisis.

Cada técnica analítica ha sido aplicada en unas circunstancias concretas para obtener unos resultados concretos que respondan a las necesidades de este proyecto.

- Lupa binocular: utilización a 8x para obtener una apreciación general del resultado de la tinción.
- SEM/EDX: preparación de las muestras sobre un porta-muestras y posterior sombreado de estas con carbono grafito con la finalidad de realizar el análisis de la distribución elemental. (100x, 400 seg.)
- Colorimetría: determinación de las coordenadas cromáticas de las muestras así como la valoración de color total de cada una de ellas.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



5.1. Evaluación cualitativa de las muestras mediante microscopía óptica.

Con este procedimiento se ha podido apreciar cualitativamente la disparidad tonal de las probetas tras los procesos de mordentado y tinción. Aunque posteriormente se presentan los resultados de las pruebas colorimétricas, se considera oportuno comparar inicialmente los resultados con la utilización de la lupa binocular.

Destaca notablemente la diferencia de intensidad que se obtiene en las probetas que han sido tratadas con sulfato de cobre, producto que se ha utilizado, como se ha mencionado anteriormente, para dar mayor intensidad a la coloración final, algo que como es posible observar a simple vista se ha logrado significativamente (fig.7).

Otra cuestión es determinar cómo afecta la utilización del mordiente al resultado final, inicialmente, podemos apreciar que las probetas *SL+Cr+CA* y *SL+Cr+Cu+CA*, mordentadas con dicromato potásico son las más oscuras, en comparación a las otras cuatro (*SL+CA*, *SL+Cu+CA*, *SL+Al+CA* y *SL+Al+Cu+CA*) que son más luminosas y bastante parecidas tonalmente entre sí.

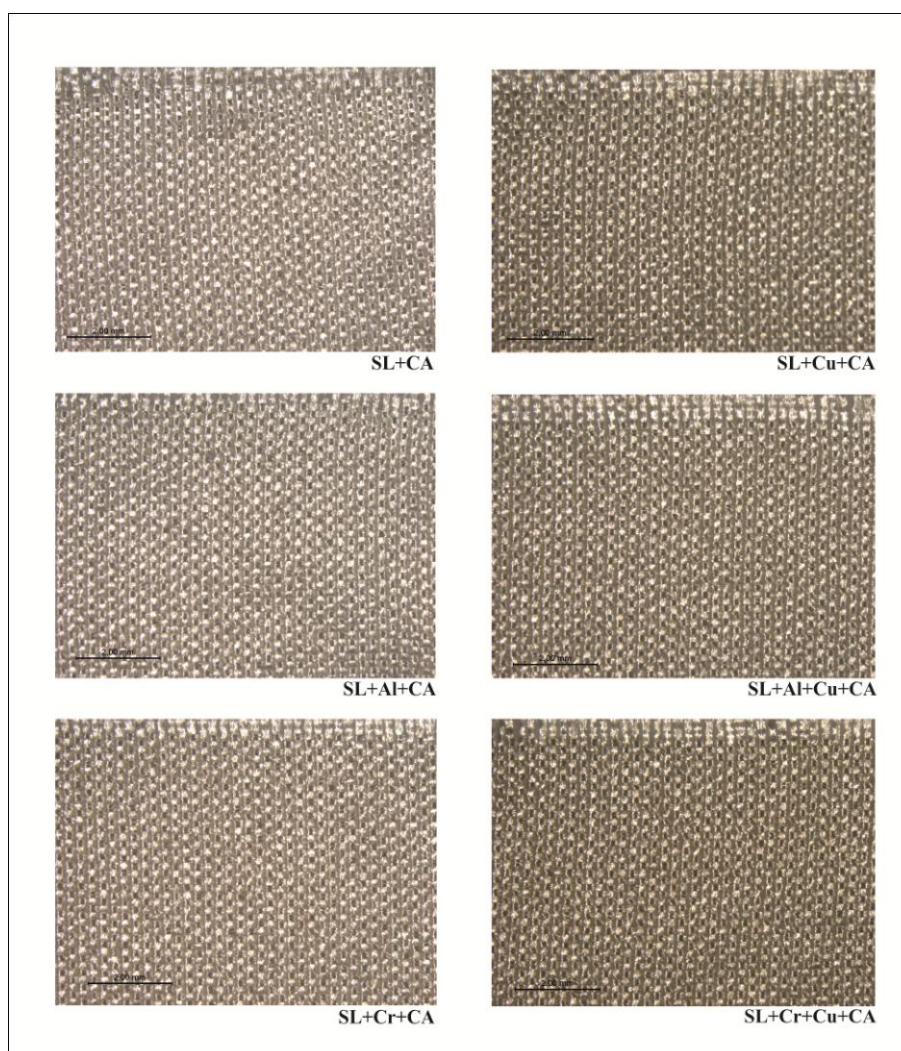


Fig.7 Muestras observadas lupa binocular

Establecer la diferencia entre las probetas más luminosas es algo difícil, el color obtenido por los procesos de tinción aparentemente es el mismo, aunque las probetas $SL+CA$ y $SL+Cu+CA$, que no han sido mordentadas, parecen ser más oscuras que las $SL+Al+CA$ y $SL+Al+Cu+CA$, aunque no es posible afirmarlo con total seguridad, algo que podrá determinarse claramente cuando sean presentados a continuación los resultados de las pruebas de colorimetría. Aun así cabe destacar que no se espera que las probetas $SL+Al+CA$ y $SL+Al+Cu+CA$ presenten una coloración muy diferente de las $SL+CA$ y $SL+Cu+CA$ ya que el mordiente utilizado en las $SL+Al+CA$ y $SL+Al+Cu+CA$ se trata del alumbre, que como ya se ha visto anteriormente, se caracteriza por aportar estabilidad al tinte, aunque también da cierta luminosidad, lo que puede ser la razón por la que la microscopia óptica este mostrando las probetas $SL+Al+CA$ y $SL+Al+Cu+CA$ más claras que $SL+CA$ y $SL+Cu+CA$.

5.2. Determinación de los agentes mordientes mediante microscopia electrónica de barrido (SEM/EDX).

La imagen de los retrodispersados de las muestras a 100 aumentos junto con el mapping o distribución elemental encontrada para cada una de las muestras en los distintos procesos de mordentado se presenta a continuación:

En el caso de la muestra *SL+CA* (fig.8) se han encontrado sustancias como el calcio y el sílice, que en este caso no aportan ningún dato para este estudio ya que corresponden a los tratamientos de acabado que se da a estos tejidos.

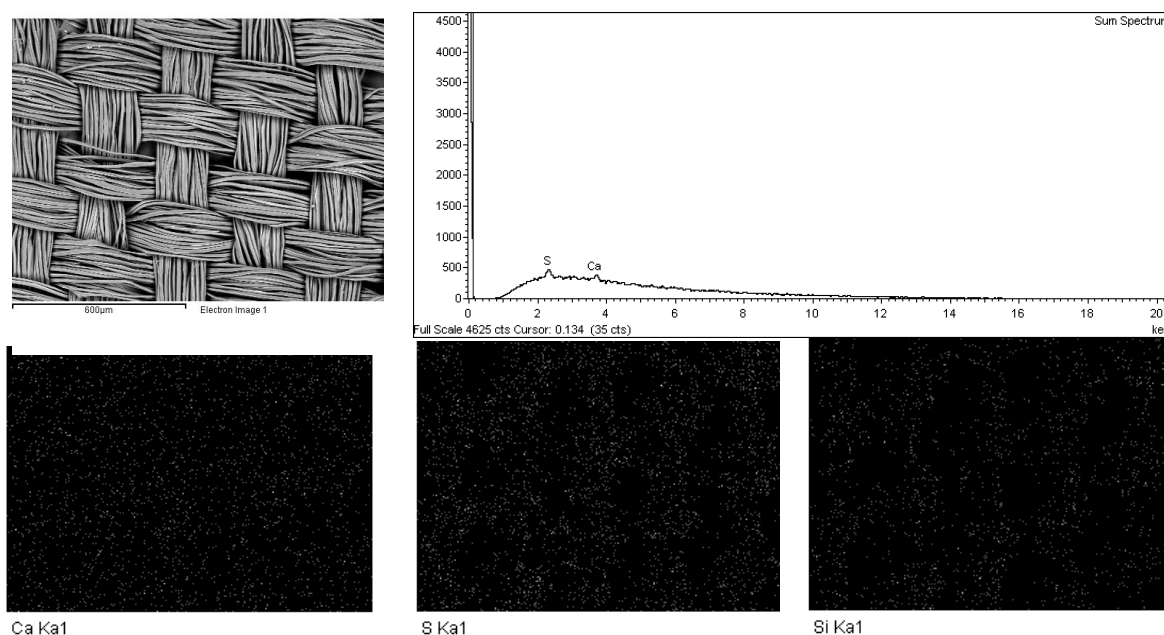


Fig. 8 Seda lavada y teñida con café. (SL+CA)

La muestra *SL+Cu+CA* (fig.9) es la variante de la *SL+CA* pero con el añadido de un tratamiento de sulfato de cobre, elemento que esta presente en los análisis y que como se puede observar, ha producido un incremento en los niveles de azufre

Además se comprueba que siguen presentes las cargas (calcio y sílice) pertenecientes al apresto de la seda.

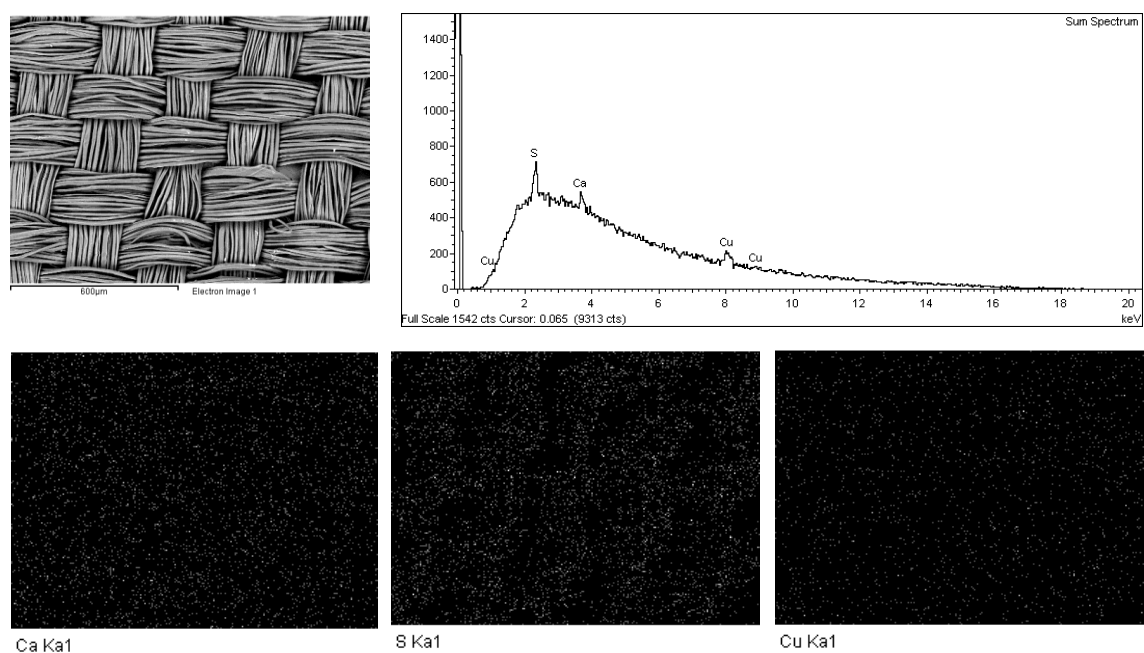


Fig.9 Seda lavada, mordentada en sulfato de cobre y teñida con café. (SL+Cu+CA)

Las muestras *SL+Al+CA* y *SL+Al+Cu+CA* (fig.10 y 11 respectivamente) indican la presencia de aluminio y potasio, debido al mordentado con alumbre al que se les ha sometido previamente. En el caso de la muestra *SL+Al+Cu+CA* se aprecia que además el cobre sigue presente en su composición. De nuevo destaca que ni el ya mencionado cobre ni el aluminio se aprecian en la imagen obtenida por el SEM lo que indica que el proceso de mordentado con alumbre también se realiza de forma homogénea

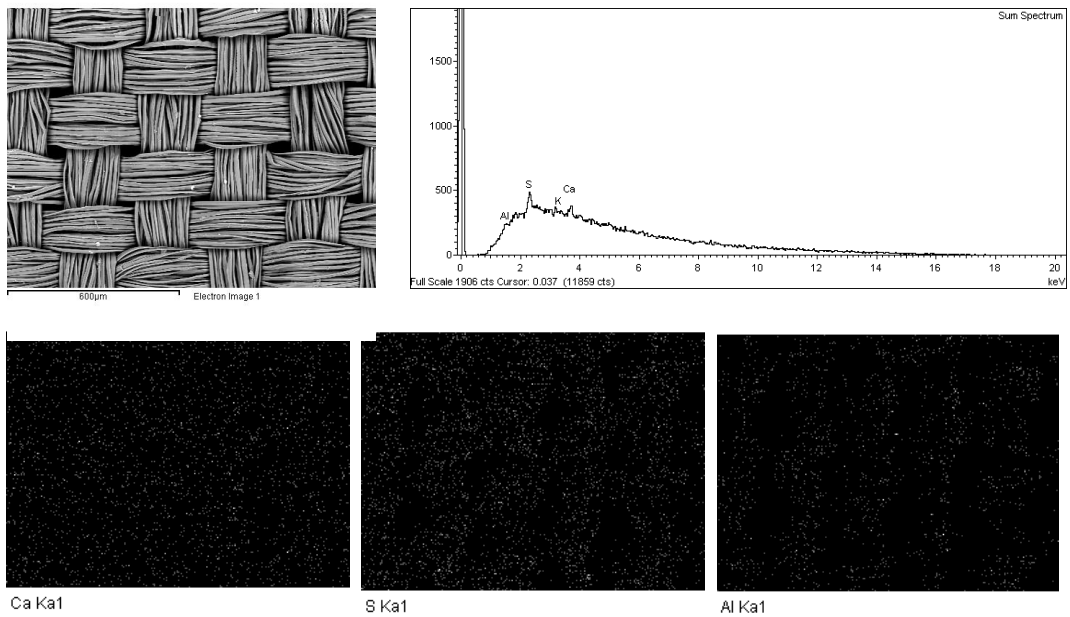


Fig 10 Seda lavada, mordentada con alumbre y teñida con café. (SL+Al+CA)

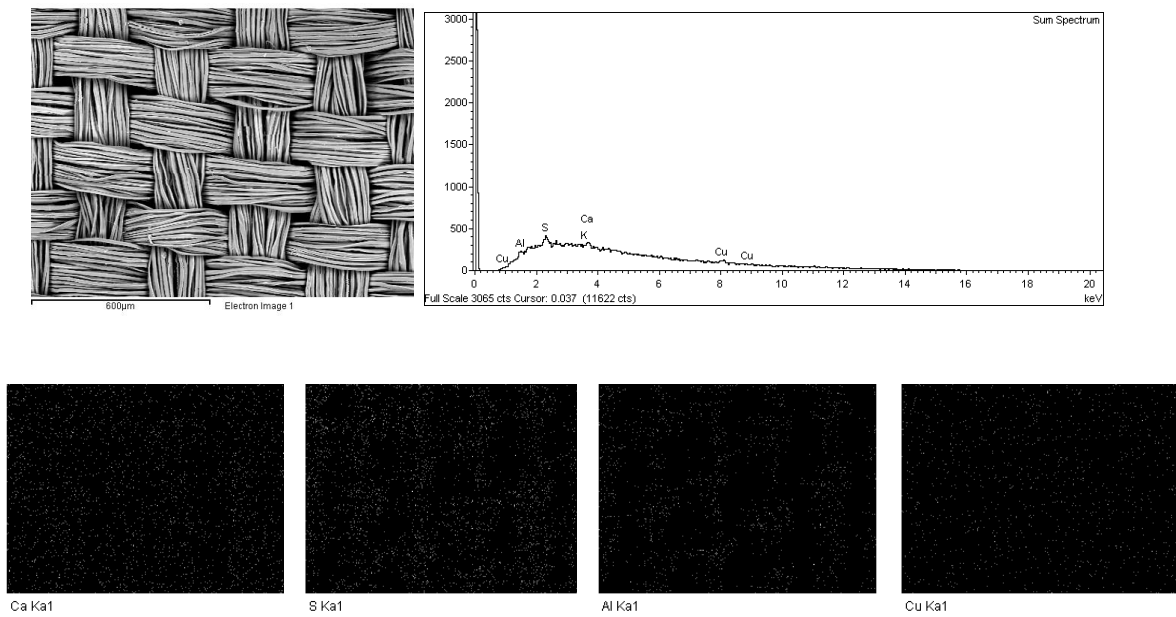


Fig. 11 Seda lavada, mordentada con alumbre, mordentada con sulfato de cobre y teñida con café. (SL+Al+Cu+CA)

Por último, Las muestras *SL+Cr+CA* y *SL+Cr+Cu+CA* (fig. 12 y 13) evidencian la presencia de cromo y potasio, debido al dicromato potásico que ha sido utilizado en estas muestras como mordiente.

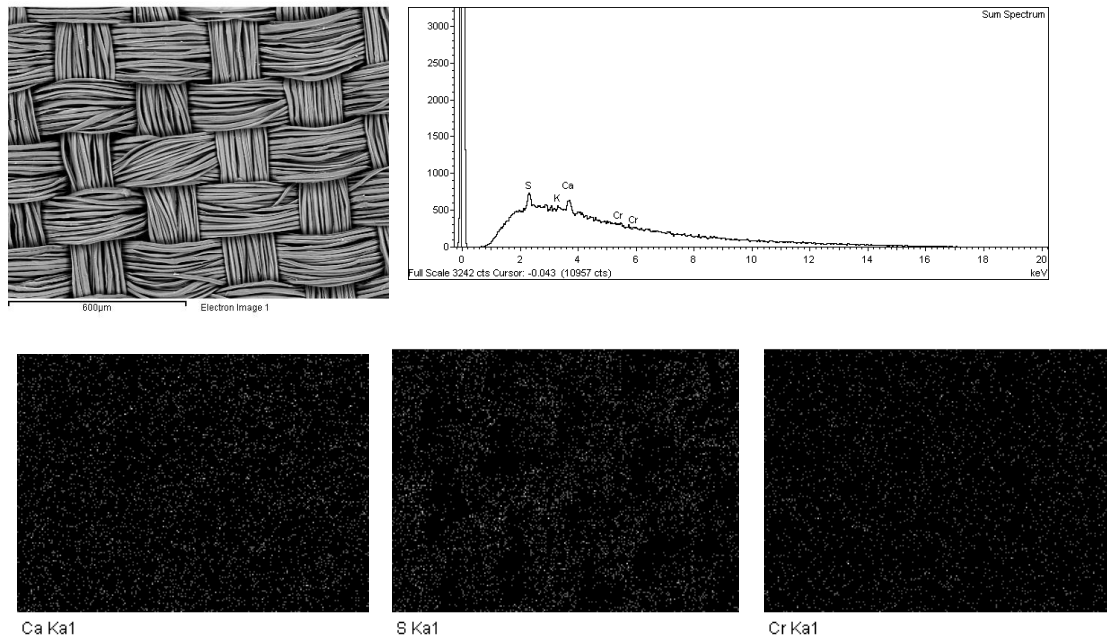


Fig. 12 Seda lavada, mordentada con dicromato potásico y teñida con café. (SL+Cr+CA)

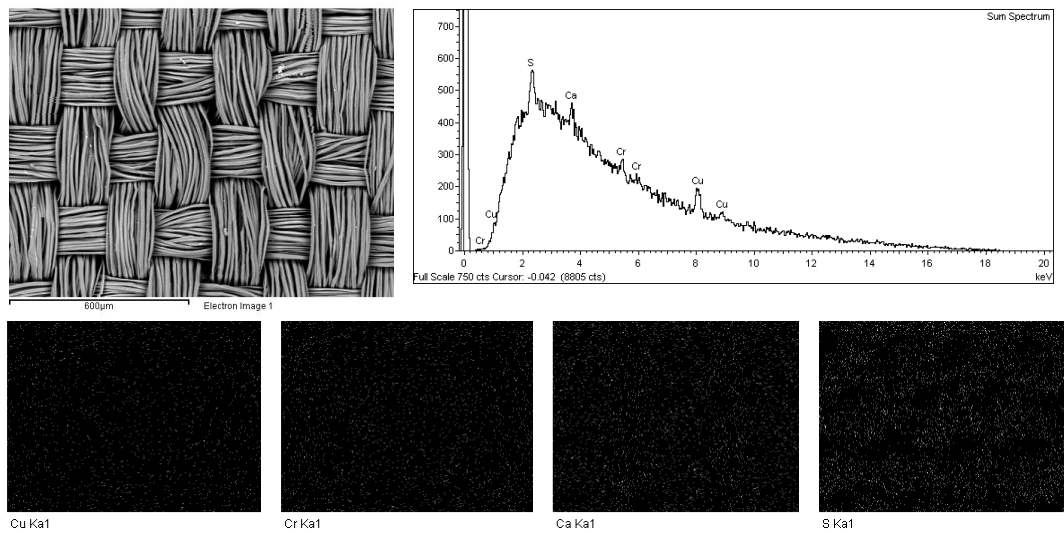


Fig. 13 Seda lavada, mordentada con dicromato potásico, mordentada con sulfato de cobre y teñida con café. (SL+Cr+Cu+CA)

Se puede concluir que los agentes mordientes de los tejidos han representado una mínima parte de la composición total de tejido teñido. De estos compuestos destacan su óptima distribución en las fibras, lo que supone la ausencia total de residuos en estas. Este hecho hace pensar que tanto los mordientes como el tinte se han distribuido de manera homogénea y total en todas las fibras, algo que garantiza el éxito de una tinción, y por tanto se ha alcanzado el objetivo inicial de la optimización de la tintura con café.

5.3. Análisis colorimétrico.

El estudio colorimétrico de las muestras es el método más objetivo y fiable para valorar los cambios cromáticos que se han producido en las muestras tras los procesos de mordentado y tinción. Estos análisis proporcionan una serie de valores que indican el incremento de color que han sufrido dichas muestras al ser comparadas entre ellas. De esta manera se determina cuáles son las muestras más intensas con respecto a las que menor grado de coloración han experimentado y así, clasificarlas de menos a más coloreadas.

Tabla 6. Análisis colorimétricos de muestras sin sulfato de cobre

Muestras	L*	σ	a*	σ	b*	σ
Seda lavada (SL)	93,55	±0,05	1,36	±0	-5,93	±0,03
Seda lavada + café (SL+CA)	90,21	±0,13	1,06	±0,01	1,8	±0,2
Seda lavada + Al + café (SL+Al+CA)	88,99	±0,03	0,23	±0,02	4,42	±0,03
Seda lavada + Cr + café (SL+Cr)+CA	87,4	±0,2	0,87	±0,01	7,62	±0,06

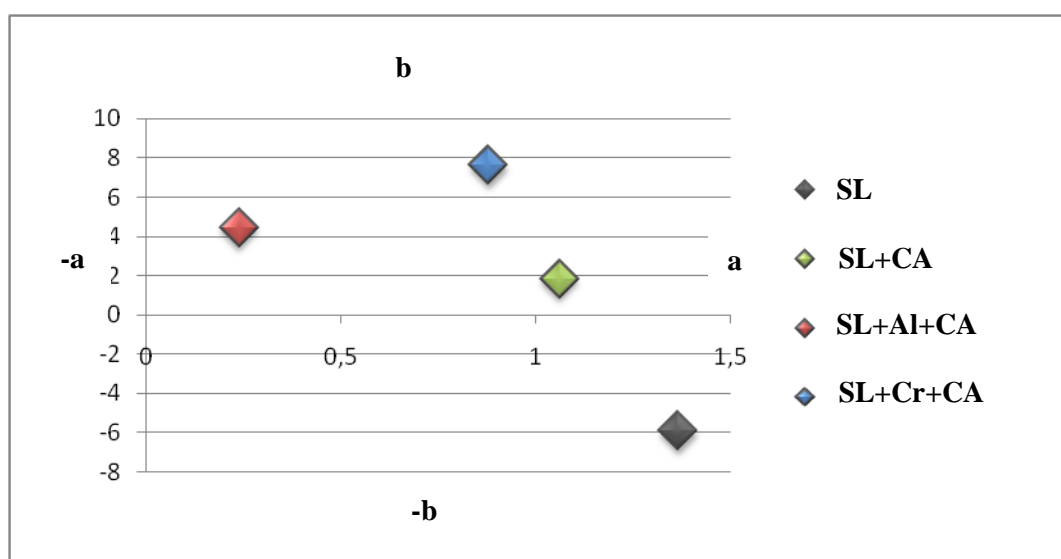


Fig.14. Coordenadas colorimétricas de las muestras

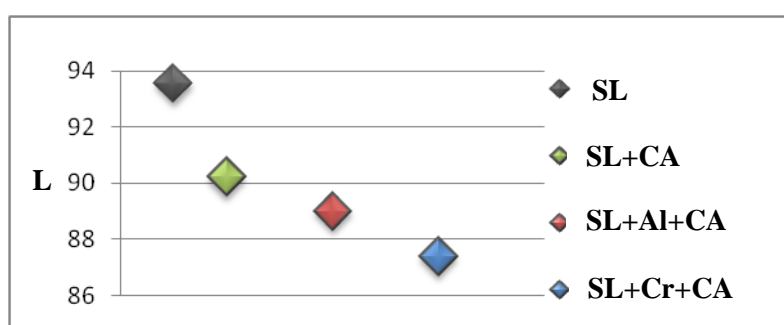


Fig. 15. Determinación de la luminosidad

Como se aprecia en la tabla anterior (tabla 6) y los gráficos (fig. 14 y 15) la muestra de seda lavada sin teñir (SL) ha resultado ser la más luminosa de todas las analizadas con una diferencia más que destacable, y es que esta muestra es ligeramente azulada, algo que la separa de las muestras SL+CA, SL+Al+CA y

SL+Cr+CA que registran valores principalmente amarillentos, algo que hipotéticamente, viene dado por el tinte de café. Este tono azulado de la seda puede deberse a los tratamientos que este tejido recibe cuando se prepara para su comercialización. La diferencia entre estas tres muestras (*SL+CA*, *SL+Al+CA* y *SL+Cr+CA*) es el distinto nivel de amarillo de cada una, algo que viene condicionado por el mordiente utilizado, siendo la *S5* la mas amarilla.

Todas las muestras, desde la *SL* a la *SL+Cr+CA* se mueven en el rango del rojo.

Tabla 7. Análisis colorimétricos de muestras sin sulfato de cobre

Muestras	L*	σ	a*	σ	b*	Σ
Seda lavada(S0)	93,55	±0,05	1,36	±0	-5,93	±0,03
Seda lavada + Cu + café(S2)	80,18	±0,05	-0,13	±0,01	10,88	±0,06
Seda lavada + Al + Cu + café (S4)	80,85	±0,10	-0,50	±0,03	10,33	±0,12
Seda lavada + Cr + Cu + café (S6)	75,6	±0,2	-0,17	±0,08	14,4	±0,2

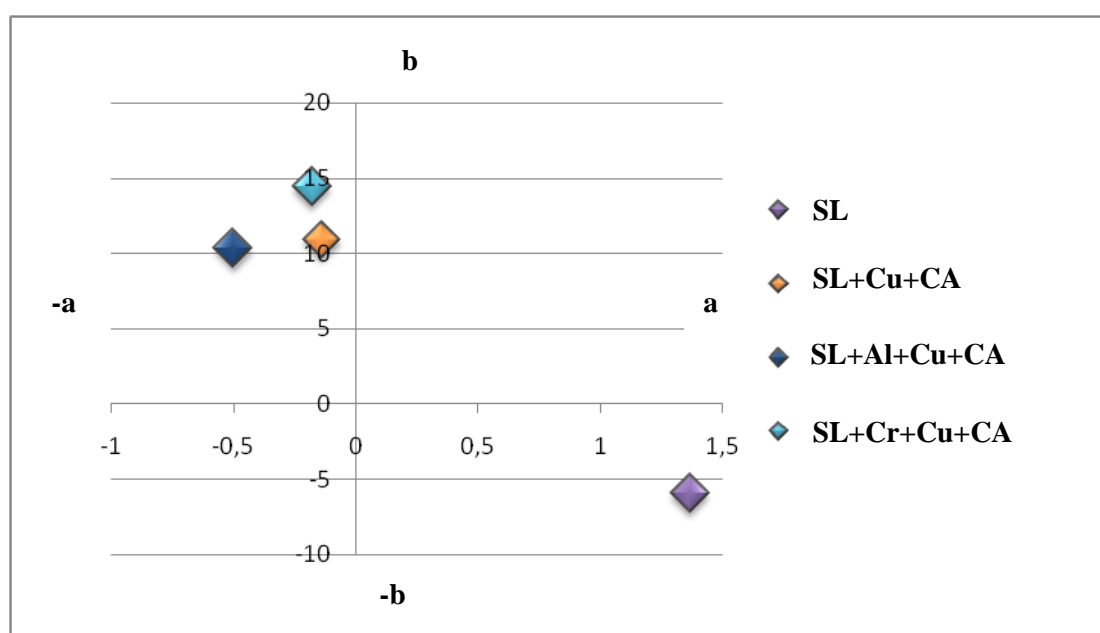


Fig. 16 Coordenadas colorimétricas de las muestras

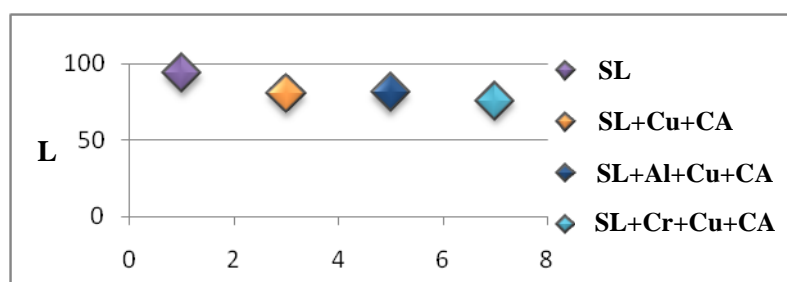


Fig. 17 Determinación de la luminosidad

En esta ocasión, al interpretar los gráficos (fig. 16 y 17) y la tabla (tabla 7) se aprecia una gran diferencia con los resultados anteriores, pues en este caso se está comparando las muestras bañadas en

sulfato de cobre con la seda sin tratar, y la evidencia más destacable es que las muestras con sulfato de cobre ($SL++Cu+CA$, $SL+Al+Cu+CA$ y $SL+Cr+Cu+CA$) se encuentran claramente en el rango de los verdes, siguen teniendo valores amarillentos, algo que es común a todas las muestras teñidas con café, pero en esta ocasión el verde es una novedad que se debe atribuir a la acción del sulfato de cobre. De las tres muestras tratadas con este baño, destaca la $SL+Al+Cu+CA$, mordentada con alumbre por ser la más verde de las tres. En cuanto a la luminosidad se observa que la muestra $SL+Cr+Cu+CA$, mordentada con dicromato potásico es la más oscura de todas, algo que puede hacer que el ojo humano la identifique como la del color mas intenso, ya que como se han visto en estudios anteriormente mencionados, los valores de intensidad cromática y oscuridad a veces se confunden visualmente³⁶.

³⁶ FERREIRA, V.L.P., MAEDA, S.L. *Op. Cit.*

Medición del incremento de color de las muestras comparándolas respectivamente.

▪ Valoración de las muestras teñidas sin mordiente.

En primer lugar se ha determinado el incremento de color de la seda teñida con café (SL+CA), sin otro aditivo, con respecto a una muestra de seda lavada sin tratar (SL).

Se observa que la seda al ser teñida con el tinte obtenido del café tiene un incremento de 7,54, un valor importante pues sabemos que a partir de un incremento de 2 el ojo humano ya percibe cambios cromáticos (tabla 8).

Tabla 8. Comparación seda lavada con seda teñida.

Muestras	L*(1)	L*(2)	ΔL^*	a*(1)	a*(2)	Δa^*	b*(1)	b*(2)	Δb^*	ΔE
SL - SL+CA	96,55	90,21	-3,34	1,36	1,06	-0,3	5,93	-1,81	7,75	7,54

▪ Valoración del primer tratamiento de mordentado.

En esta segunda tabla (tabla 9) se han cotejado las muestras que han sido sometidas a un baño previa a la tinción, para evaluar como la adición de cada compuesto ha influido en la coloración con respecto a la muestra SL+CA que solo está teñida con café.

Estos mordientes son respectivamente el sulfato de cobre, el aluminio y el dicromato potásico, y en todas las muestras a las que se les ha añadido uno de estos materiales han aumentado su coloración.

Cabe destacar los resultados obtenidos con la muestra SL+Cu+CA, que no ha sido precisamente sometida a un proceso de mordentado sino mas bien a un baño de sulfato de cobre con el objetivo de aumentar la intensidad de la tinción, algo que se ha logrado con éxito pues esta muestra registra el incremento más notable con respecto a las otras.

También se debe señalar el escaso incremento de la muestra mordentada con alumbre ya que tiene un valor de 3, un cambio apenas perceptible ojo humano. Se debe recordar que este mordiente no se caracteriza precisamente por aportar cambios cromáticos a los tejidos.

Sobre la SL+Cr+CA, mordentada con dicromato potásico, puede decirse que incrementa su color respecto a la SL+CA de forma significativa, concretamente un ΔE 6,46, un cambio que ya se intuía con las imágenes de la microscopía óptica siendo ahora posible su confirmación.

Tabla 9. Muestras con primer mordentado.

Muestras	L*(1)	L*(2)	ΔL^*	a*(1)	a*(2)	Δa^*	b*(1)	b*(2)	Δb^*	ΔE
SL+CA - SL+Cu+CA	90,21	80,18	-10,03	1,06	-0,13	-1,2	1,81	10,88	9,07	13,58
SL+CA - SL+Al+CA	90,21	88,99	-1,22	1,06	0,23	-0,82	1,81	4,42	2,61	3
SL+CA - SL+Cr+CA	90,21	87,37	-2,84	1,06	0,87	0,18	1,81	7,62	5,8	6,46

▪ **Valoración de las muestras tras el segundo mordentado con sulfato de cobre.**

En la siguiente tabla (tabla 10) se observa ver el incremento de color que experimentan las muestras sometidas a un segundo mordentado de sulfato de cobre en comparación a aquellas muestras que han sido únicamente mordentadas.

Se aprecia un incremento en todas las muestras bastante intenso con respecto a la muestra de seda teñida con café (*SL+CA*). El nivel de incremento de las muestras es similar, aunque sigue destacando la muestra *SL+Al+Cu+CA*, mordentada con alumbre, que registra un incremento menor que las demás.

Tabla 10. Muestras con primer y segundo mordiente.

Muestras	L*(1)	L*(2)	ΔL^*	a*(1)	a*(2)	Δa^*	b*(1)	b*(2)	Δb^*	ΔE
<i>SL+CA - SL+Cu+CA</i>	90,21	80,18	-10,03	1,06	-0,13	-1,2	1,81	10,88	9,07	13,58
<i>SL+Al+CA - SL+Al+Cu+CA</i>	88,99	80,85	-8,13	0,23	-0,5	-0,74	4,42	10,33	5,9	10,08
<i>SL+Cr+CA - SL+Cr+Cu+CA</i>	87,37	75,57	-11,79	0,87	-0,17	-1,05	7,62	14,41	6,78	13,65

Finalmente, resulta interesante observar el incremento cromático de las muestras que más procesos han recibido (*SL+Al+Cu+CA* y *SL+Cr+Cu+CA*) con respecto a la muestra *SL+CA*, que tan solo ha sido teñida con café (tabla 11).

Se observa pues, que la muestra *SL+Al+Cu+CA* tiene un incremento similar a los que encontrados en tabla anteriores, pero sin duda destaca la muestra *SL+Cr+Cu+CA*, por ser la que mayor incrementa su color, algo que se atribuye principalmente a la acción intensificadora del sulfato de cobre pero también al bicromato de potasio con que esta mordentada, ya que este parece haber sido el que ha marcado la diferencia frente al escaso aporte cromático del alumbre.

Tabla 11. Muestras con los dos mordientes.

Muestras	L*(1)	L*(2)	ΔL^*	a*(1)	a*(2)	Δa^*	b*(1)	b*(2)	Δb^*	ΔE
<i>SL+CA - SL+Al+Cu+CA</i>	90,21	80,85	-9,36	1,06	-0,5	-1,56	1,81	10,33	8,51	12,75
<i>SL+CA - SL+Cr+Cu+CA</i>	90,21	75,57	-14,64	1,06	-0,17	-1,24	1,81	14,41	12,59	19,35

5.4. Aplicación práctica en obra real.

A continuación se aprecia como los tonos obtenidos mediante la tinción de café en tejidos de seda tienen un alto grado de similitud con una gran variedad de obras textiles en seda sin teñir. (fig. 16.) Pues el color de la seda al envejecer vira ligeramente hacia los amarillos y los tonos tostados.



Fig. 16 Comparación del color de la seda de algunos tejidos históricos con las muestras

Como se puede apreciar en las imágenes, los tejidos originales y las muestras teñidas con café en muchas ocasiones tienen tonos similares, lo que no deja de ser uno de los objetivos principales de este proyecto, el de valorar la gama cromática del tinte de café como alternativa a la obtenida con tintes sintéticos. Como se puede observar, tanto en el caso de mantones de manila como de estandartes por poner algunos ejemplos, el resultado es muy satisfactorio a niveles cromáticos. Sin embargo hay otros aspectos que valorar como la solidez y la estabilidad del color para asegurar su permanencia en el tejido a lo largo del tiempo.

Según los distintos procesos de mordentado se ha obtenido la siguiente una gama cromática que ha permitido hacer una clasificación de las diferentes muestras teñidas atendiendo a su intensidad colorimétrica (fig. 17).

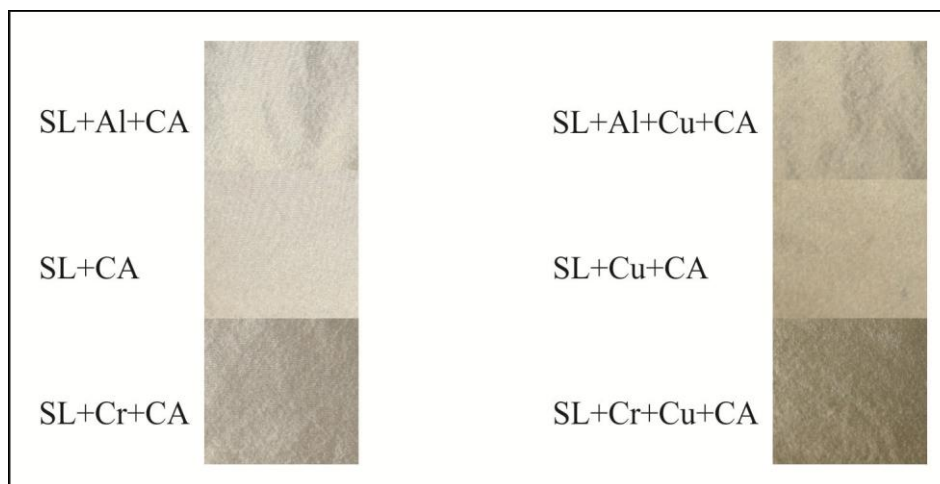


Fig. 17. Gama obtenida con la tinción de *coffea arabica*

6. CONCLUSIONES



Las conclusiones alcanzadas son:

En las imágenes obtenidas mediante microscopia óptica se aprecia cualitativamente que las muestras más luminosas son $SL+Al+CA$ y $SL+Al+Cu+C$, frente a las muestras $SL+Cr+CA$ y $SL+CR+Cu+CA$ que presentan el tono más oscuro. Estas características son confirmadas con los análisis colorimétricos. Se afirma inicialmente que el alumbre aporta luminosidad a los tejidos, y que el dicromato de potasio intensifica notablemente la coloración. Además ha quedado demostrada la capacidad del sulfato de cobre de oscurecer significativamente el color del tinte en todas la muestras.

En lo que respecta a la identificación elemental mediante microscopia electrónica de barrido (SEM/EDX), se han podido identificar todos los elementos metálicos propios de los agentes mordientes y se ha comprobado que los procesos de mordentado se han logrado optimizar debido a que la distribución de los elementos ha sido totalmente homogénea en el tejido.

Respecto a los datos obtenidos del análisis colorimétrico, se puede decir que todas las muestras teñidas pierden luminosidad y ganan coloración con respecto a la seda sin tratar. Siendo más oscuras aquellas muestras que han sido mordentadas con sulfato de cobre. Todas las muestras tienen tendencia hacia el amarillo, con la diferencia que en el caso de las muestras, mordentadas con sulfato de cobre tienden hacia el rango de los verdes mientras que las muestras se mantienen en unos valores más rojizos.

Por último, destacar que la muestra teñida con café que ha registrado los incrementos más bajos de color ha sido la muestra $SL+Al+CA$, y la muestra con mayor incremento de color ha sido la $SL+CR+Cu+CA$ con un ΔE^* de 19,35 con respecto a la seda sin teñir.

Uno de los principales objetivos al inicio de esta investigación era el de determinar la validez de la infusión de café como tinte en los tejidos de seda. Inicialmente sí se puede considerar la especie *coffea arabica* un tinte apto en el caso de la seda como se ha visto a lo largo de este estudio aunque cabe señalar que, para confirmar la validez del café como tinte alternativo a los tintes sintéticos es necesario realizar las pruebas indicadas para determinar su estabilidad y resistencia a factores como la luz, la humedad y los cambios de temperatura que todo tejido y por tanto tinte presente en dicho tejido sufrirá durante su inevitable envejecimiento matérico.

7. BIBLIOGRAFÍA



BATISTA DOS SANTOS, A. F. *Los tejidos labrados de la España del siglo XVIII y las sedas imitadas del arte rococó en Minas Gerais (Brasil) : análisis formal y analogías / tesis doctoral* Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, 2009.

CARDON, Dominique. *Natural Dyes: sources, tradition, technology and science*. Archetype Publications Ltd. London. 2007.

CLARKE, R.J., MACRAE, R. *Coffee. Volume 1, Chemistry*. Ed: Elsevier Applied Science, London and New York. England, 1985.

Diccionario de la Real academia de la lengua Española

FERREIRA, V.L.P., MAEDA, S.L. *Medida del color de las infusiones de café y del café con leche*. Instituto de Tecnología de Alimentos (ITAL). Avda. Brasil, 2.880. Campinas, SP. Brasil. 1984

Fichas Internacionales de Seguridad Química. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.

GORDILLO, F., HERRERA, J.A., DUQUE, J.D., ARIZA, H. *Estudio de la pigmentación de café orgánico con diferentes grados de humedad usando espectroscopía fotoacústica*. Revista colombiana de física, Vol. 37, Pags114-117.Nº 1. Colombia, 2005.

JEANETTE M., CARDAMONE AND MARY T.BAKER. *Historic Textiles, Papers, and Polymers in Museums*. American Chemical Society. Washintn, DC, 2001.

KENDALL, TRACY. *Manual para el tinte de hilos y tejidos*. Acanto. Barcelona. 2006.

LANDI, SHEILA. *The textile conservator's manual*. Butterworths .England,1985.

MATTEINI, M., MOLES, A. *Ciencia y restauración*. Nere. Sevilla, 2001.

MACQUER, MR. *Arte de la tintura sobre seda*. Academia Real de las Ciencias de París. Madrid, 1771.

MUÑOZ VIÑAS, S. *Teoría contemporánea de la Restauración*. Síntesis. Madrid, 2003.

ORTOLA, M.D., GUTIERREZ, C., CHIRALT, A., FITO, P. *Envejecimiento del café tostado molido*. Dpto. de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. 1996.

PARK, J. *A practical introduction to yarn dyeing*. Allanwood Press Ltd. Pudsey, 1981.

POLO, M.G., GIUDICISSI, R. *Las plantas tintóreas*. Penthalon, D.L. Madrid, 1986

RIQUELME SÁNCHEZ, M. *Agenda del tintorero y estampador*. Artis. Barcelona. 1948.

ROQUERO, Ana. *Tintes y tintoreros de América*. Ministerio de Cultura. Madrid. 2006.

SANTOS ISERN, V.M., *Cara y cruz de la sedería valenciana. (Siglos XVIII-XIX)*. Institució Alfons el Magnànim. Diputació de València. Valencia, 1981.

VEIGA, A., CAÑÁS, J., DÍAZ, O., COBOS, A. *Análisis físico-químico y caracterización lipídica de tres de las principales variedades comercializadas de café*. Revista de tecnología e higiene de los alimentos.Nº 365, págs., 54-62. Universidad de Santiago de Compostela. 2005

VICENTE CONESA, M.V., *Seda, Oro y Plata en Valencia*. TRP Comunicación, S.A. Valencia. 1997.

WELLS, KATE. *Fabric dyeing & printing*. Conrad Octopus Limited. England, 1997.

**Las ilustraciones, los diagramas y las fotografías de este texto son propiedad de
Marta Zuriaga Barrera.**