

Estudio y optimización del método tradicional de blanqueo comparando la efectividad con diferentes tratamientos de blanqueo de algodón

Trabajo final de máster en Conservación y Restauración de Bienes Culturales
Universidad Politécnica de Valencia



Presentada por : Seol Namgoung

**Tutoras: Sofía Vicente Palomino
Dolores Julia Yusá Marco
Laura Fuster López**

2011 Valencia



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



**Trabajo final de máster en
Conservación y Restauración
de Bienes Culturales
Universidad Politécnica de Valencia 2011**

**Estudio y optimización del método tradicional de blanqueo comparando la efectividad
con diferentes tratamientos de blanqueo de algodón**

**Alumna: Seol Namgoung
Tutora: Sofía Vicente Palomino
Dolores Julia Yusá Marco
Laura Fuster López**

**Máster 2010-2011
UPV**



RESUMEN

Según el método tradicional para producir el papel coreano, antiguamente se utilizaba la ceniza de origen vegetal y agua a fin de blanquear la fibra del árbol. Este método trata del agente de blanqueo natural sin utilizar productos químicos. No obstante, hoy día el hipoclorito de sodio (NaClO) es el nuevo blanqueante como sustituyente de los materiales naturales, debido a que se puede disminuir el tiempo de tratamiento, es menos laborioso, más cómodo y económico. Además del hipoclorito de sodio, también se usa el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) como agente de blanqueo oxidativo sobre los tejidos de origen vegetal. Y en España, especialmente sobre los tejidos históricos desde punto de vista de la conservación y restauración.

En la presente investigación, se compara la efectividad de blanqueo sobre la tela de algodón 100% crudo mediante diferentes sistemas de blanqueo. El sistema natural consiste en que la ceniza de paja de arroz se mezcla con agua destilada sin utilizar ningún otro tipo de producto químico. Los sistemas químicos consisten en el empleo de hipoclorito de sodio, como sustituyente de la solución de agua y cenizas de arroz del sistema natural, y peróxido de hidrógeno, que representa el método más usado en España. Posteriormente, se evaluaron los resultados utilizando técnicas como la colorimetría para establecer el efecto visual de blanqueo y Microscopio óptico para observar la morfología de la fibra de algodón, y por lo último, Espectrometría infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) a fin de estudiar el cambio provocado por los tratamientos de blanqueo sobre la estructura química de la fibra de algodón.

RESUME

According to the traditional method of making Korean paper, they use ash, which originates from vegetables. They mix the ash with water to bleach the fiber of the paper. This method involves using natural bleaching agents without using any chemical products. In addition, the sodium hypochlorite (NaClO) is used as a substitute from the natural material because it reduces the amount of treatment and labor time, and it is also convenient and economical. Not only hipoclorito de sodio but also hydrogen peroxide (H_2O_2) is used as an oxidative bleaching agent for textile which originates from vegetables. In Spain, they use this method on historic textiles in order to preserve and restore them.

In the present investigation, we compare the effectiveness of bleach on 100% cotton by using different systems of bleaching. The natural system is when rice straw ash is mixed with distilled water with using any other chemicals. The chemical system consists of using sodium hypochlorite as a substitute in the solution of water and the rice ash in the natural system. Hydrogen peroxide is using in the process in Spain. Subsequently, we evaluate the results by using techniques such as colorimetry to observe the visual effect of bleaching, microscope optique to

observe the morphology of the fiber of cotton and FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) to study the change in the chemical structure that composes the cotton fabric.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres JooHee Lim y Seok Namgoung, y a mis queridos hermanitos Min y Gun que siempre me han apoyado, animado y querido desde la distancia

A mis tutoras Sofía, Lola y Laura por la enseñanza y la instrucción durante el trabajo

A Marisa por haberme ayudado con la colorimetría

A mis compañeras del piso, Ingrid, Laura y Maribel que han hecho que tenga un recuerdo precioso e inolvidable de mi estancia en Valencia

A mis amigos españoles por sus consejos y correcciones de mi pobre español

Y, por último a mi misma por no haber dejado de estudiar el máster y haber continuado mis estudios en España

También, quisiera agradecer al Instituto de Restauración del Patrimonio de la UPV, y al Servicio de Microscopia de la UPV que me hayan facilitado el uso y disfrute de sus instalaciones e instrumentación. Del mismo modo, a los siguientes programas de ayuda económica que han apoyado los proyectos de investigación en los que he podido elaborar mi estudio:

"Programas de Ayuda de Primeros Proyectos del Programa de Apoyo a la Investigación Científica y Desarrollo", Proyecto 20070325 (Cod.4720), financiado por el Vicerrectorado de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Universidad Politécnica de Valencia."

"Proyectos de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico para Equipos de Investigación Emergentes o de Reciente Creación" Proyecto GV/2007/212, y Proyecto GV/2011/082 financiados por la "Generalitat Valenciana", Conselleria de Empresa, Universitat i Ciencia, Dirección General de Investigación y Transferencia Tecnológica".

ÍNDICE

1. Introducción.....	7
2. Objetivos	11
3. La fibra textil, natural vegetal: Algodón.....	13
4. Restauración de textiles: Tratamiento de blanqueo.....	16
4.1. Sistema natural: ceniza con agua.....	17
4.1.1. Fundamento históricos en común del uso de ceniza con agua en dos zonas geométricas: oriental (Corea del sur) y occidental.....	17
4.1.2. Composición química.....	20
4.2. Sistema químico.....	20
4.2.1. Peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂).....	20
4.2.2. Hipoclorito de sodio(NaClO).....	21
5. Metodología experimental.....	23
5.1. Preparación de los materiales.....	25
5.1.1. Muestra de algodón.....	25
5.2. Proceso de blanqueo.....	26
5.2.1. Ceniza de paja de arroz con agua destilada.....	26
5.2.1.1. Preparación de solución.....	27
5.2.1.2. Optimización del proceso del blanqueo.....	30
5.2.2. Peróxido de hidrógeno.....	33
5.2.3. Hipoclorito de sodio.....	36
5.3. Instrumentación y procedimiento de medida.....	38
5.3.1. Análisis colorimétrico.....	38
5.3.2. Análisis por microscopio óptico (MO).....	39
5.3.3. Espectrometría infrarroja por transformada de Fourier (FTIR).....	40
6. Resultados y discusión.....	41
6.1. Colorimetría.....	43
6.2. Microscopio óptico (MO).....	49
6.3. FTIR.....	54
6.3.1. Análisis del sistema natural: Ceniza de paja de arroz con agua destilada.....	54
6.3.2. Análisis del sistema químico: Peróxido de hidrógeno.....	59
6.3.3. Análisis del sistema químico: Hipoclorito de sodio.....	60
6.3.4. Análisis de todos los sistemas de blanqueo.....	61
7. Conclusiones.....	63
8. Bibliografía.....	66
9. Anexo.....	70

1. Introducción

1. Introducción

Los tejidos antiguos, tanto de origen vegetal como animal, que proceden de varios siglos, años o meses atrás, es inevitable que envejeczan y sean deteriorados por los agentes atmosféricos que están siempre alrededor de los mismos. La alteración más general que encontramos en los tejidos de algodón es el amarilleamiento causado por el contacto con el oxígeno que existe en la atmósfera y la radiación ultravioleta. El amarilleamiento de la celulosa de algodón es debido al oxígeno que existe más o menos 20 % en el aire ambiental y la radiación ultravioleta. En la celulosa se produce oxixelulosa, amarilleando la tela en un proceso irreversible. Si la luz está combinada con humedad, oxígeno, ácidos ambientales (SO_2) o calor, el resultado se traducirá en una alteración y despolimerización más rápida. Por otro lado, la celulosa es estable en la oxidación bajo condiciones normales, pero esta alteración estará potenciada por la luz: los grupos hidroxilo (-OH) se oxidarán en grupos carboxilo (COOH). Se produce la transformación de grupo OH en grupos carbonilo (C=O); ruptura del anillo, con formación de grupos aldehído (H-C=O) y posteriormente, grupos carboxílicos (COOH). Los grupos aldehído y cetona aumentarán la debilidad y el calor de la celulosa (dobles enlaces) y el proceso se verá acentuado, siendo la celulosa cada vez menos resistente a la luz.¹ Tras el proceso de oxidación el algodón, compuesto en su mayor parte por fibra de celulosa, se decolora degenerando el color blanco a amarillo o marrón. Por lo que cuando nos llega un tejido histórico de gran valor es muy importante tratar el lavado del mismo a fin de frenar su envejecimiento y alteración y mejorar su aspecto.

El blanqueo del algodón textil que vamos a tratar en esta investigación puede ser considerado un tratamiento de lavado en el que el blanqueo es capaz de remover la degradación perjudicial y manchas de textiles históricos aunque puede ser un proceso destructivo. El objetivo de aplicación del sistema de blanqueo es eliminar o disminuir la mancha decolorada en el ropaje y otros elementos textiles y eliminar factores contaminantes que han coloreado la fibra cruda.

Últimamente, es fácil encontrar productos de blanqueo de cualquier tipo de textil gracias al desarrollo industrial y de la ciencia. Este tema ha sido investigado y se ha ido desarrollando durante los años. En el campo de la conservación y restauración de textiles el producto químico que se suele utilizar es peróxido de hidrógeno (H_2O_2). Según Beecher², el tratamiento de blanqueo con este producto funciona mejor que otros productos químicos para tejidos históricos. Se trata de un sistema de blanqueo de oxidación de pH rango 9-10 sobre tejidos vegetales, incluyendo algodón y lino.

¹ Villarquide, Ana. "Alteraciones del soporte" Restauración. En: Restauración e conservación de pintura sobre tela. Alteraciones, materiales e tratamientos. Arte y restauración. 2005. pp. 48. ISBN 84-89569-50-9

² BEECHER, E. R. La conservación de los tejidos 1969

Sin embargo, en épocas antiguas en las cuales no había conocimiento químico ni científico existía un método muy especial y natural para este tratamiento en textiles: el uso de ceniza de origen vegetal mezclando con agua. Este sistema fue utilizado especialmente para blanquear las fibras del árbol *Morus alba*, morera blanca, moral blanco o, simplemente, Morera³, cuyo nombre científico es *marus alba* a fin de producir el papel coreano. No obstante, con el paso del tiempo su uso iba decreciendo por el proceso complicado de blanqueo de la fibra mediante esta solución y demasiado laborioso y de larga duración. Por lo que hoy día este sistema natural ha sido substituido por el sistema químico por ejemplo, hipoclorito de sodio (NaClO) aunque es mucho más agresivo tiene ventaja de menor tiempo y más fácil de aplicar, resultando un aclarado mayor.⁴ No obstante, ya no se emplea este producto químico para la restauración de tejidos históricos por ser muy poderoso y dañino para las fibras de tejidos de algodón. No sólo en la historia de Corea, sino la historia del jabón en la zona occidental se hace referencia sobre el uso de ceniza con agua para lavar textiles, remontándose a la era antigua.

A partir de estos datos como los fundamentos históricos tanto las investigaciones realizados anteriormente, la investigación de esta tesina se centrará en la optimización y comparación de los tres siguientes sistemas de blanqueo sobre tejido de algodón crudo 100%. En la presente tesina se tratara de los blanqueo oxidativos : El sistema natural mediante ceniza de paja de arroz con agua, el sistema químico mediante peróxido de hidrógeno y el sistema químico mediante hipoclorito de sodio.

En primer lugar, el sistema natural mediante la ceniza de paja de arroz mezclada con agua destilada representará el método tradicional que se utilizaba en Corea del sur para el blanqueamiento de la fibra celulosa origen del árbol para producir papel coreano junto al lavado de ropaje; En el segundo lugar, el sistema químico mediante hipoclorito de sodio representará el sustituto del sistema natural, que es el producto químico y es blanqueo oxidativo que se ha adaptado a hoy día para el blanqueo del mismo ; y por lo ultimo el sistema oxidación mediante peróxido de hidrógeno representará el método de blanqueo químico que se utiliza en el campo de conservación y restauración de textiles en España.

³ Nombre vulgar referido en castellano, en *Árboles: guía de campo*; Johnson, Owen y More, David; traductor: Pijoan Rotger, Manuel, ed. Omega, 2006. ISBN 13: 978-84-282-1400-1. Versión en español de la *Collins Tree Guide*.

⁴ LEE, Seungchul, *Papermaking*, 2001, 89-85846-75-2 03630

Tabla 1. Tres sistemas de blanqueos que se va a estudiar e investigar en este trabajo

Sistemas de blanqueos	Materiales
Sistema natural – tradicional	Ceniza de paja de arroz con agua destilada
Sistema químico	Peróxido de Hidrógeno(H_2O_2)
	Hipoclorito de Sodio($NaClO$)

El tratamiento de blanqueo sobre el tejido de algodón 100% crudo sin blanquearse realizará controlando el tiempo, la temperatura y el pH hasta llegar a un nivel óptimo.

Se compararán los tres sistemas de blanqueo antes y después del tratamiento mediante las siguientes técnicas instrumentales:

Colorimetría, Microscopio óptico (MO) y Espectrometría infrarroja por transformada de Fourier (FTIR). En primer lugar, con la colorimetría se evaluará el cambio de color obtenido en la fibra de algodón después de su tratamiento de blanqueo. En segundo lugar, se observará la morfología, color y textura de la fibra de algodón mediante microscopio óptico. Y posteriormente, estos resultados se deberán corresponder con cambios en la estructura química de la fibra, estos serán obtenidos mediante FTIR.

2. Objetivos

2. Objetivos

La presente investigación tiene como objetivo principal comparar la efectividad de la aplicación de tres sistemas de blanqueo distintos sobre textil de origen vegetal que compone la tela que consiste en el algodón 100%.

Para poder desarrollar el objetivo principal, se desarrollarán objetivos específicos que ayudarán a establecer un plan de trabajo en esta investigación. De esta manera, estableceremos los siguientes objetivos específicos:

- Estudiar e investigar sobre los materiales necesarios como el algodón, ceniza con agua y, hipoclorito de sodio y peróxido de hidrogeno antes de realizar la probeta para mejorar el entendimiento y ser capaz de tratar bien los productos.
- Optimizar la formula de sistema natural mínimamente variando las condiciones como el tiempo, la temperatura y el pH hasta conseguir un efecto exigido con el objeto de poder compararse con otros sistemas químicos.
- Comparar los tres sistemas de blanqueo evaluando los resultados conseguidos mediante colorimetría, microscopia óptica y FTIR.
- Evaluar y reflexionar sobre la posibilidad del uso de estos tres tratamientos de blanqueo en el campo de conservación y restauración de textiles de origen vegetal como algodón.

3. La fibra textil, natural vegetal: Algodón

3. La fibra textil, natural vegetal: Algodón

El algodón se obtiene de los pelos de las semillas de plantas del género *GOSSYPIMUM*, de la familia de las malváceas. Su color puede ser blanco, amarillo pálido o ligeramente rojizo. Su fibra es más o menos sedosa, fuerte en mayor o menor grado y de longitud y grosor variables.⁵ Cada fibra de está compuesta de 20 ó 30 capas de celulosa, enrolladas en una serie de resortes naturales.⁶

- **Propiedades físicas**

La morfología de las fibras de algodón se puede observar mediante microscopio óptico. Su sección longitudinal se presenta en forma de cinta retorcida en el sentido de las agujas del reloj y contrario a las agujas del reloj. Así como en su sección transversal, tiene forma de alubia con un canal estrecho. El algodón posee una fibra medianamente fuerte. Una vez humedecida puede ser de 10 a 30 veces más fuerte que la fibra seca.⁷

- **Propiedades químicas**

El algodón está compuesto por celulosa y contiene pequeñas cantidades de grasa, cera, proteínas y colorantes naturales. A través de la limpieza y blanqueo, puede contener más de 99% de celulosa.⁸

Componentes químicos	Composición (%)
Celulosa	88.9 - 97.0
Proteína	1.0 – 2.0
Grasa y cera	0.4 – 1.5
Pectinas	0.4 – 1.5
Minerales	0.7 – 1.6
Otros	0.5 – 8.0

Tabla 2. Composición química de la fibra de algodón

⁵ <http://es.wikipedia.org/wiki/Gossypium>. 11 de mayo de 2011

⁶ <http://enciclopedia.us.es/index.php/Algod%C3%B3n>. 11 de mayo de 2011

⁷ TÍMAR-BALÁZSY, Ágnes y EASTOP, Dinah. "Cellulose fibres". En: Chemical principles of textile conservation. Ed. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology. 1998. pp. 33 ISBN 0 7506 2620 8

⁸ TÍMAR-BALÁZSY, Ágnes y EASTOP, Dinah. "Fibers". En: Chemical principles of textile conservation. Ed. Butterworth-Heinemann series in conservation and museology. 1998. pp. 33 ISBN 0 7506 2620 8

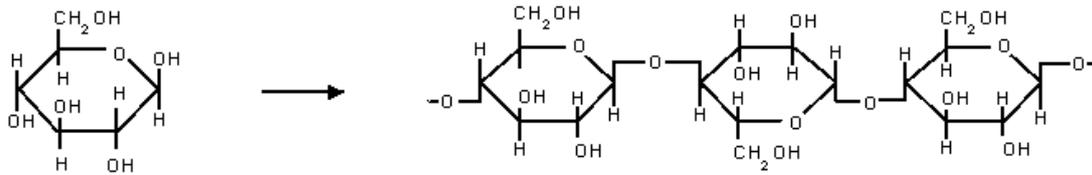


Figura 1. Estructura química de celulosa: varias β -glucosa unidas

La celulosa se forma por la unión de moléculas de β -glucopiranosas mediante enlaces β -1,4-O-glucosídico. Por hidrólisis de glucosa. La celulosa es una larga cadena polimérica de peso molecular variable, con fórmula empírica $(C_6H_{10}O_5)_n$, con un valor mínimo de $n=200$.

La celulosa tiene una estructura lineal o fibrosa, en la que se establecen múltiples puentes de hidrógeno entre los grupos hidroxilo (-OH) de distintas cadenas yuxtapuestas de glucosa, haciéndolas penetrables al agua, lo que hace que sea insoluble en agua, y originando fibras compactas que constituyen la pared celular de las células vegetales.⁹



Foto 1 La morfología de la fibra de algodón en sección transversal ¹⁰

⁹<http://es.wikipedia.org/wiki/Celulosa>. 11 de mayo de 2011

¹⁰ A cura di Giovanna C. Sciolone. Dipinti su tela Metodologie d'indagine per i supporti cellulosici. 1995

4. Restauración de textiles: Tratamiento de Blanqueo

4. Restauración de textiles: Tratamiento de Blanqueo

El agente oxidante y reductor utilizado en la limpieza de textiles históricos, es llamado generalmente "Blanqueo". Según Ágnes¹¹, los objetivos del blanqueo aplicado en la conservación de textiles son:

- Decolorar la mancha coloreada y tierra/ o
- Eliminar las mancha haciéndola soluble en agua
- Blanquear el color amarillo de fibras deterioradas
- Cambiar el producto degenerado no soluble en agua a un compuesto soluble en agua e incoloro

El sistema de blanqueo cambia los grupos carbonilos (C=O) a los grupos carboxilos (-COOH) por oxidación que durante el proceso se libera oxígeno o a los grupos hidroxilos (-OH) por reducción que durante el proceso se absorbe oxígeno. Gracias a ellos, el sistema cromofórico se altera y las fibras envejecidas pierden el color de amarillo parduzco. Al mismo tiempo, los productos deteriorados que no son solubles en agua en este sistema, se cambia. Estos fragmentos serán oxidados o reducidos por el sistema blanqueo y serán de colores más claros y solubles en agua.¹²

4.1. Sistema natural: Ceniza con agua

4.1.1. Fundamento históricos en común del uso de ceniza con agua en dos zonas geográficas: Zona Oriental (Corea del Sur) y en la Zona Occidental.

Se encuentran distintos fundamentos teórico-históricos, sobre los blanqueos de ceniza en occidente y en oriente.

- **Oriental : Corea del sur**

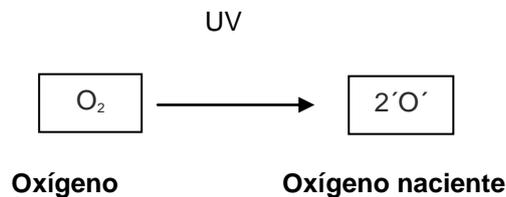
Principalmente, se han estudiado los hábitos de Corea del sur con respecto de la elaboración del papel coreano, que fue el principal motivo de esta investigación. Como se mencionó

¹¹ TÍMAR-BALÁZSY, Ágnes y EASTOP, Dinah. "Cleaning by chemical reactions". En: Chemical principles of textile conservation. Ed. Butterworth-Heineman series in conservation and museology. 1998. pp. Change 225 ISBN 0 7506 2620 8

¹² TÍMAR-BALÁZSY, Ágnes y EASTOP, Dinah. "Cleaning by chemical reactions". En: Chemical principles of textile conservation. Ed. Butterworth-Heineman series in conservation and museology. 1998. pp. 226 ISBN 0 7506 2620 8

anteriormente, la solución realizada por la ceniza de origen vegetal con agua fue utilizada para el tratamiento de blanqueo sobre la fibra del árbol *morera*, que es el modo de producción del papel coreano en Corea del Sur. El proceso de elaboración del papel empieza en cocer el árbol al vapor a fin de que elimine la cáscara convenientemente y conseguir que esta fuera la parte más blanda de la fibra del mismo. Después del proceso de cocción, se elimina la cáscara, y al final, se obtiene la fibra pura del árbol que fue el material principal. Aunque después del proceso de cocción de la fibra blanca obtenida de la cáscara del árbol, aún quedan impurezas naturales. Como grasa, cera, polvo y cáscaras en la estructura de fibra. Estas impurezas impiden producir el papel de color blanco exigido. Por lo que se sumergen en la solución fabricada por ceniza con agua, hirviendo durante 5 o 6 horas para eliminar los restos de impurezas naturales que contenía la fibra blanca del árbol *morera*.¹³ En general, la paja de arroz, el tallo de pimiento, de soja, de trigo y de cebada, etc. fueron los materiales más usados para la fabricación de ceniza porque estos materiales eran muy fáciles de adquirir en la agricultura en Corea.

Posteriormente, las fibras fueron sumergidas en el río, cuando hace sol aproximadamente durante cinco días sino una semana, a fin de eliminar los restos de sustancias e impurezas. También, el sol hacía un papel muy importante que fue el de agente de blanqueo oxidativo. Porque la energía de la radiación ultravioleta (UV) de la luz solar causa la ruptura de las moléculas de oxígeno atmosférico produciendo el oxígeno naciente. Este oxígeno naciente es necesario para blanqueamiento oxidativo.



Debido al secado del sol, se considera este método natural como blanqueo por oxidación. También, era común que se realizara el blanqueo al sol en Europa desde la mitad del siglo XVI hasta finales del siglo XVIII. Sin embargo, este tratamiento puede causar daños a la fibra de tejido.¹⁴

Asimismo según “*La Enciclopedia de la vida de mujeres*” que da información sobre la vida en época de la dinastía *Chosun (1392~1910)*¹⁵, decía que se podía limpiar la ropa manchada y sucia gracias a la ceniza de la vaina de soja con agua. Dependiendo del tipo de ropaje para

¹³ Lee, Seungchul, *Papermaking*, 2001, ISBN 89-85846-75-2 03630

¹⁴ TÍMAR-BALÁZSY, Ágnes y EASTOP, Dinah. “Cleaning by chemical reactions”. En: *Chemical principles of textile conservation*. Ed. Butterworth-Heineman series in conservation and museology. 1998. pp. 228 ISBN 0 7506 2620 8

¹⁵ La dinastía Chosun (1392~1910) fue construido por el rey Sunggye- Lee cooperando con el oficial de nueva generación. El nombre del estado era Chosun cuyo capital era Hanyang (Seúl, ahora el capital de Corea del sur)

lavar, se usaban diferentes tipos de ceniza obtenida de tanto planta o árbol como la paja de arroz, la cascará de soja, la morera. También según cada provincia de Corea, se utilizaba diferentes tipos de ceniza. Generalmente, para lavar los textiles de origen vegetales como el algodón o el lino, la ceniza de los mismos con agua fue más usado, mientras que la ropaje más preciosa y costosa como la seda, los materiales más utilizados eran la soja o soja verde.¹⁶

Sin embargo, se debe considerar que esta solución no se utiliza sobre todo tipo de textiles; de origen vegetal y de animal. Porque la celulosa de las fibras que componen las telas de origen vegetal como el algodón y el lino puede soportar mejor los álcalis, al contrario de las fibras de proteína como la seda que resisten mejor a los ácidos¹⁷. En consecuencia, la ceniza con agua será adecuada para los tratamientos en las fibras vegetales que componen la tela como algodón.

En realidad, su uso está decreciendo porque el proceso de blanqueo del papel coreano mediante este sistema natural es muy complicado y se demanda mucho tiempo y es muy laborioso. Por lo que hoy en día el sistema natural ha sido sustituido por la composición química como es el *hipoclorito de sodio* aunque es mucho más agresivo tiene la ventaja de disminuir el tiempo y el trabajo de elaboración dando como resultado tonos más claros.¹⁸

- **Occidental**

No sólo en la historia de Corea hay testigos de blanqueos, en cuanto a la historia del jabón en lo que a occidente se refiere sobre el uso de ceniza con agua para lavar textiles, remontándose a la era de antes de Jesucristo en que se duchaba con la ceniza obtenida de planta como el sustituto de jabón¹⁹. En la parte del subcontinente indio y en Perú, Chile y Angola, ceniza de planta y arcilla fueron empleado mucho como jabón y en algunos lugares son todavía usados.²⁰

²¹

A través de la leyenda sobre el origen del terminó “soap” en inglés, *“la elaboración del jabón empezó por casualidad hacía sobre 3000 años en Mount Sapo, cerca de Roma. Animales*

¹⁶ Sra. Lee Binjukak, *Enciclopedia de la vida de mujeres* (閨閣叢書), 1809 (pasados 9 año después del reinado de Son)

¹⁷ Villarquide, Ana. Alteraciones del soporte “Restauración. En: Restauración e conservación de pintura sobre tea. Alteraciones, materiales e tratamientos. Arte y restauración. 2005. pp. 47. ISBN 84-89569-50-9

¹⁸ LEE, Seungchul, *Papermaking*, 2001, 89-85846-75-2 03630

¹⁹ Wain H. The story behind the word. Springfield, IL : Charles C Thomas, 1985:290-291.

²⁰ Johnson L. A medical formulary: Based on United States and British pharmacopoeias together with French, German and unofficial preparations. New York: William Wood & Company, 1881:316.

²¹ Bossard E. Angolan medicinal plants used also as piscicides and/ or soap. *Ethnopharmacol* 1993; 40:1-19.

ofrecidos por arrendatario fueron ardados a fin de sacrificio para el dios en Mount Sapo. Grasas de los animales ardados mezclados con ceniza de fuego de altar. La sustancia mezclada fluyó hacía cuesta abajo sobre la arcilla. La mujer quien fue al templo descubrió que esta sustancia ayudó para lavar y limpiar ropajes.

En Gaul, un hombre usaba una peluca hecha de grasa de cabra y ceniza del árbol haya. Una espuma formada cuando se encontró a la tormenta de lluvia. El término “soap” proviene de Latino “sapo”. ”^{22 23 24}

4.1.2. Composición química

En la actualidad, se han realizado varias investigaciones de este sistema blanqueo natural en cuanto a sus componentes químicos y el pH, mostrando que la ceniza obtenida de cualquier tipo de origen vegetal (incluyendo la paja de arroz, el tallo de pimiento, de soja, de trigo y de cebada, etc.) con agua mayoritariamente esta consiste en potasio (K) y su principal componente es Carbonato de potasio (K_2CO_3) presentando un aspecto alcalino de pH sobre 10 – 11.^{25 26} Es resbaladiza al tocar la solución con los dedos porque esta solución alcalina disuelve la grasa y la proteína que contiene la piel.

4.2. Sistemas químicos

4.2.1. Peróxido de hidrógeno (H_2O_2)

El peróxido de hidrógeno (H_2O_2), también conocido como agua oxigenada o dioxidano, es conocido por ser un poderoso oxidante. Su uso es muy variable en la industria, como el blanqueo de la pulpa de papel y blanqueo de telas como algodón.

Peróxido de hidrógeno funciona como un blanqueante gracias a agente blanqueo ‘oxígeno naciente’:

²² The World Book Encyclopedia. Detergent and Soap. Reviewed by Proctor and Gamble Company. Chicago: Field Enterprises Educational Corporation, 1973:134e-134f.

²³ Routh HB, Bhowmik KR, Parish LC, Wittkowski JA. Soaps: From the Phoenicians to the 20th century-a historical review. Clin Dermatol 1996;14:3-6.

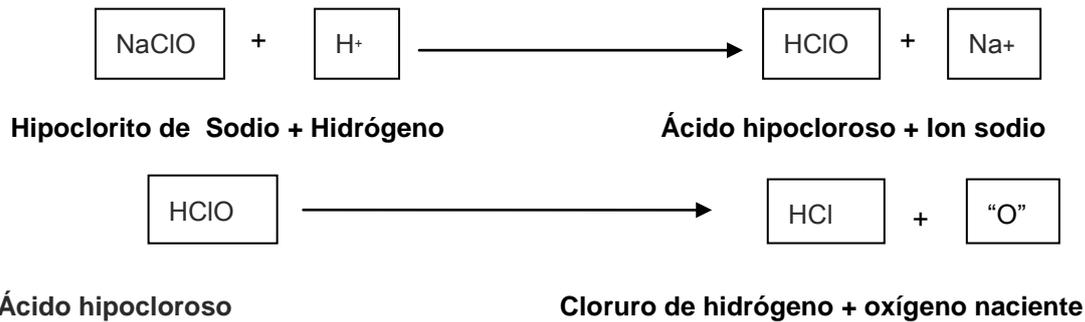
²⁴ Friedman M, Wolf R. Chemistry of soaps and detergents: Various types of commercial products and their ingredients. Clin Dermatol 1996;14:7-13

²⁵ MUN, Sung phil. Manufacturing of Korean traditional handmade paper with reduced fiber damage (I), Inorganic composition of traditional Lye, Journal of Korea TAPPI, Vol.31. No.1, Printed in Korea, 1999

²⁶ KIM, Hyungjin. OH, Donggun, CHO, Byungmuk. *Application of traditional lye production process for the improvement of features of paper mulberry and its bast fiber*. Department of Forest engineering (Forestry) of Kookmin University and department of Paper engineering of Kangwon University, 2007.

históricos.³⁰ Sin embargo, en la industria de papel todavía sigue utilizando hipoclorito de sodio como un agente de blanqueo.

En Corea del Sur, para blanquear la fibra cruda del árbol, este producto ha sido adaptado como el sustituyente del sistema natural de ceniza con agua. Hipoclorito de sodio puede eliminar impurezas naturales contenidas en la fibra efectivamente y nos permite producir la fibra color blanco. Pero este sistema mediante lo mismo, hace perder el brillo de la fibra causando deterioro o dañado a la misma y además tiene la desventaja de provocar la contaminación del medio ambiente.



Ácido hipocloroso es inestable termodinámicamente y puede descomponer sobre la superficie de textil produciendo cloruro de hidrógeno y oxígeno naciente. Este oxígeno naciente producido será un agente blanqueo. El pH de la solución va a ser un ácido debido a la producción de cloruro de hidrógeno (HCl).

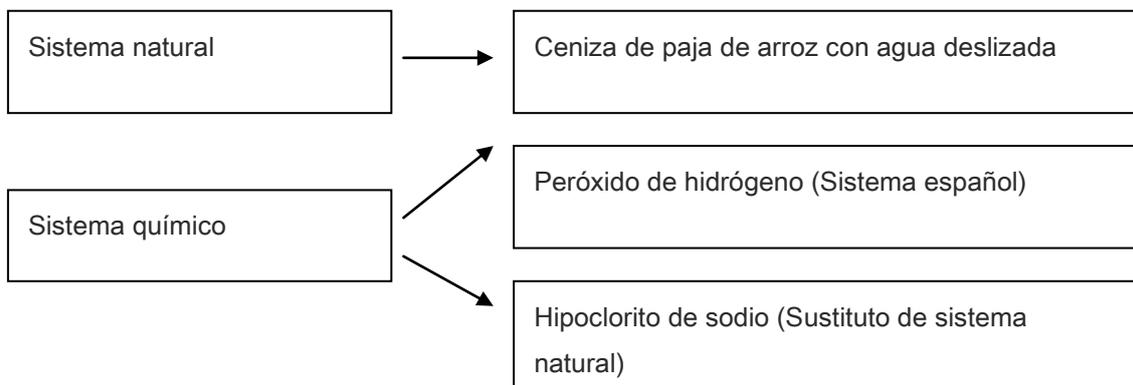
³⁰ TÍMAR-BALÁZSY, Ágnes y EASTOP, Dinah. "Cleaning by chemical reactions". En: Chemical principles of textile conservation. Ed. Butterworth-Heineman series in conservation and museology. 1998. pp. 228 ISBN 0 7506 2620 8

5. Metodología Experimental

5. Metodología experimental

La metodología en este trabajo de investigación varía según las tres diferentes fórmulas que se muestran a continuación acerca del tratamiento de blanqueo sobre la tela de algodón 100% crudo sin blanquear.

Tabla 3. Tres sistemas de blanqueo utilizados en la investigación: sistema natural mediante ceniza de paja de arroz, sistema químico mediante peróxido de hidrógeno y sistema químico mediante hipoclorito de sodio.



En el proceso de blanqueo mediante sistema natural, debido a que la fórmula tradicional de la bibliografía referenciada no indica algo concreto y exacto, vamos a optimizar la fórmula hasta llegar al efecto de blanqueo sobre la tela de algodón deseada. En caso del tratamiento de blanqueo mediante peróxido de hidrógeno, seguiremos la misma fórmula utilizada en la tesina del máster de Irene Irizar Amilleta³¹. Por lo último, en el tratamiento de blanqueo mediante hipoclorito de sodio se adaptará la fórmula establecida en *papermaking* y *Chemical principles of textile conservation*.

Tras el procedimiento de blanqueo sobre el tejido de algodón 100% crudo sin blanquear, procedemos a comparar los tres sistemas de blanqueo mediante las instrumentaciones científicas: Colorimetría y FTIR (*Fourier transform infrared spectroscopy*).

Para referirse a la nomenclatura utilizada en este estudio, y mejorar la comprensión de la misma, se da paso a la siguiente explicación:

³¹ IRIZAR, Irene Amilleta. *Aproximación al estudio del comportamiento de tejido de algodón tratado con sistema de blanqueo*. Valencia. 2011. Presentada en la universidad politécnica de Valencia para obtención del máster de conservación y restauración de bienes culturales.

La muestra **ES** es el formato estándar, la tela de algodón lavada con agua destilada a una temperatura 70°C por una hora. Las muestras **CE1**, **CE2**, **CE3** y **CE6** son las telas de algodón tratadas por el sistema natural de ceniza de paja de arroz y agua destilada. El número marcado significa el tiempo de operación. Las muestras **PH5** y **PH15** son telas de algodón tratadas por peróxido de hidrógeno, el número marcado indica la duración del tiempo. Por último, **HS** es la muestra tratada por hipoclorito de sodio.

5.1. Preparación de los materiales

5.1.1. Muestra de algodón

La tela de algodón utilizada en el tratamiento de blanqueo fue producido por Talas y tienen las siguientes propiedades.

Tabla 4. Propiedades de tela de algodón crudo 100% tratada para blanquear

Nombre	Muslin(Bastia de algodón)
Composición	100% de algodón
Estado	Crudo, sin blanqueo
Número de hilos	30 hilos de urdiembre y 30 pasadas de trama
Torsión de urdiembre	Torsión Z
Torsión de trama	Torsión Z
Gramaje de tejido	48,6mg

La tela de algodón para blanquear en este test fue lavada con agua destilada neutral a una temperatura 70°C durante una hora para eliminar toda sustancia añadida o natural del algodón. Una vez lavada, se prepararon en total 16 muestras para completar cada ensayo. Posteriormente los vamos a examinar e analizar. Emplearemos ocho muestras cuyas medidas son de 20 cm x 20 cm para los ensayos de FTIR y ocho muestras medidas de 20 cm x 7 cm para ensayo colorimetría.



Foto2. Lavado de la tela de algodón con agua destilada neutral a una temperatura 70°C

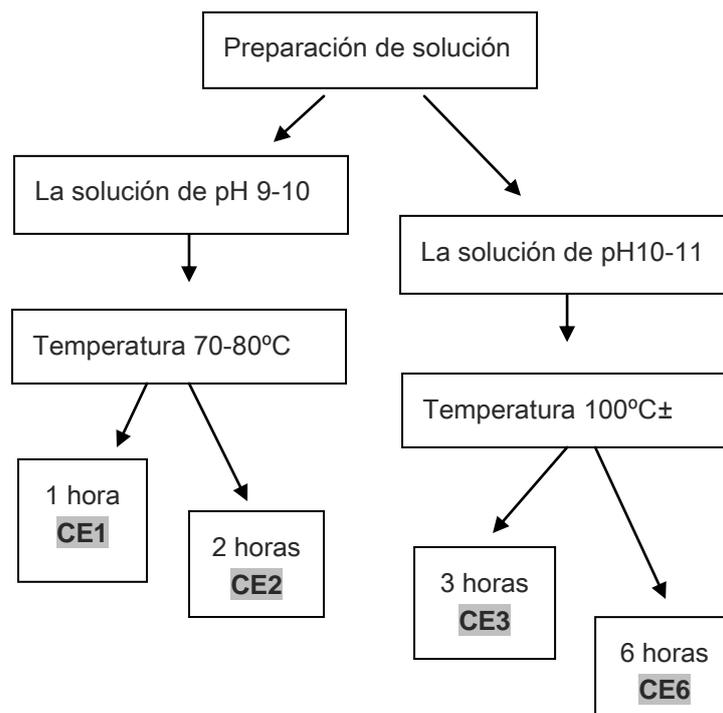
5.2. Proceso de blanqueo

- Ceniza de paja de arroz con agua destilada
- Peróxido de hidrógeno (H₂O₂)
- Hipoclorito de sodio (NaClO)

5.2.1. Ceniza de paja de arroz con agua destilada

En caso del sistema natural (ceniza de paja de arroz con agua destilada) se realiza el proceso en dos pasos: en primer lugar, se empieza elaborando la solución mediante ceniza de paja de arroz y agua destilada. Se prepararán las soluciones del rango de pH 9 y de pH 10 a fin de observar el efecto de grado de alcalinidad en el tratamiento sobre la tela de algodón. En segundo lugar, las muestras de algodón se sumergirán en cada solución (del pH 9-10 y pH 10-11) a las temperaturas de 70-80°C y 100°C (en agua hirviendo) respectivamente, variando el tiempo de operación. La siguiente tabla 5 indica el diseño del procedimiento.

Tabla 5. Esquema del procedimiento de tratamiento de blanqueo del sistema natural



5.2.1.1. Preparación de solución

En el proceso de blanqueo mediante ceniza de paja de arroz con agua destilada, se han realizado varias probetas según las tres condiciones siguientes a fin de optimizar la fórmula de sistema natural (tradicional). Ello nos permite obtener el mejor resultado de efecto de blanqueo sobre tejido de algodón. De este modo, se puede comparar con otros sistemas químicos (peróxido de hidrógeno e hipoclorito de sodio). Las tres condiciones operadas en esta probeta son:

- El pH
- El tiempo
- La temperatura

Principalmente, se preparó la solución consultando los datos referenciados de *papermaking*; se ha consultado el manual para esta experimentación. A continuación, en el proceso de preparación de esta solución se empieza a producir ceniza de paja de arroz. Se ha cortado la paja de arroz de 413,38g en longitud de 10cm con la ayuda de unas tijeras y después de quemarla se ha producido en total 86,68g de la ceniza. Al extinguirse las ascuas, se ha añadido agua destilada con una proporción de 10 partes de agua por cada parte de ceniza (10:1), en esta caso se usaron 862,40ml del agua destilada a una temperatura de 80°C Finalmente se deja la solución en una botella de cristal cubierta con una tapa por 24 o 48 horas.

La proporción de la solución es:

- 86,68g de la ceniza
- 862,40ml del agua destilada

Después, se ha decantado la solución mediante una tela de algodón muy fina repitiendo el mismo proceso hasta conseguir una solución clara sin residuos. Cuando se obtiene la solución, medimos el pH gracias al pH metro.

La primera solución obtenida es de color marrón rojizo claro y tiene un volumen de 584ml, un alcalino del pH 11,06 aproximadamente a una temperatura 20,9ml y cuando la toqué con los dedos la solución era resbaladiza.

Tabla 6. La primera solución obtenida

	pH	Temperatura(°C)	Al tocar	Volumen(ml)
1ª Solución	11,06	20,9	resbaladiza	584

El pH de la 1^o solución fue controlada añadiendo más volumen de agua destilada a la misma. Al añadir más agua destilada, el pH de la misma fue decreciendo. Para producir una solución del pH 9 a 10, saco la mitad de total volumen de la primera solución, 292ml y añadió 100ml de agua destilada cada vez midiendo el pH mediante el pH metro. Después de añadir 6740ml de agua destilada, se consigue bajar la concentración del pH de la solución. El pH de la segunda solución preparada es 9,8 y tiene un volumen total de 7032ml aproximadamente. La siguiente tabla presenta el cambio de pH según el volumen de agua destilada añadido.

De esta manera se prepararon las soluciones para el tratamiento de blanqueo sobre la tela de algodón 100% crudo sin blanquear.

Tabla 7. Modificación del pH de la solución según adición el agua destilada y cambio del pH

Volumen de agua añadido	T (°C)	pH
+100ml	19,9	10,51
+100ml	19,9	10,46
+100ml	19,7	10,34
+100ml	19,7	10,35
+100ml	19,7	10,20
+100ml	19,7	10,18
.....
En total	19,8	9,8

Tabla 8. La 2^o solución obtenida

	pH	Temperatura(°C)	Al tocar	Volumen(ml)
2ª Solución	9,8	19,8	resbaladiza	7032

FOTOGRAFÍA DE PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DE LA SOLUCIÓN



Foto3. Paja de arroz cortada



Foto4. Quemar paja de arroz



Foto5. La ceniza obtenida y la medición del peso de la misma



Foto6. La filtración de la solución mediante tela de algodón muy fina

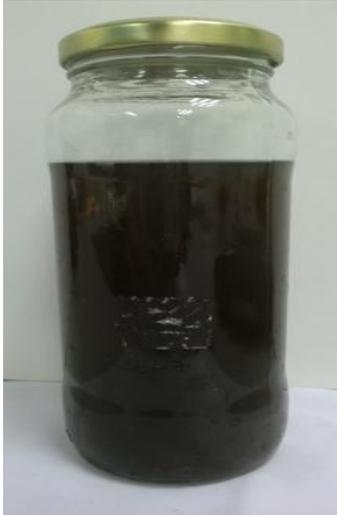


Foto7. La primera solución obtenida del pH 11.06



Foto8. La segunda solución obtenida del pH 9.8

5.2.1.2. Optimización y proceso del blanqueo

Según se estableció anteriormente, en el proceso de blanqueo tradicionalmente se hervían las fibras de árbol *mulberry* en la solución realizada con ceniza y agua a una temperatura más de 100°C durante 4 o 5 horas.³²

Según *Hyungjin Kim*³³, la proporción entre la solución y la fibra vegetal para el tratamiento de blanqueo es:

- 1,5g de la fibra
- 30ml de la ceniza con agua destilada

Sin embargo, en esta investigación se decidió empezar con la baja temperatura de 70°C a 80°C del rango de pH 9 para optimizar e obtener las fórmulas. Así que La muestra **CE1** fue sumergida en el baño blanqueante durante una hora y la otra muestra **CE2** durante dos horas. En este proceso, para blanquear las tiras de algodón de 10,13g, se usó 2,6 litros de la solución según la proporción explicada anteriormente. Tras el proceso de blanqueo, todas las muestras

³² Lee, Seungchul. Chapter1. The story of paper. In: *Papermaking*, 2001, pp 27. ISBN 89-85846-75-2 03630

³³ Kim, Hyungjin. Oh, Donggun, Cho, Byungmuk. *Application of traditional lye production process for the improvement of features of paper mulberry and its bast fiber*. Department of Forest engineering(Forestry) of Kookmin University and department of Paper engineering of Kangwon University, 2007.

fueron lavadas mediante agua destilada fluida durante unos 10 minutos para eliminar el resto de residuos y solución sobre el tejido.

Después del proceso de blanqueo realizado anteriormente, se aumentó la intensidad de las tres condiciones: el pH, la temperatura y tiempo de operación, para que el blanqueo se efectúe con mayor eficacia sobre la fibra de algodón. En el caso de la muestra **CE6** se decidió seguir el proceso de secado bajo la luz solar en el exterior de acuerdo a la fórmula tradicional de Corea del Sur. De este modo, las muestras **CE3** y **CE6** fueron sumergidas en el mismo baño blanqueante a una temperatura 90-100°C, con un pH 10 a 11 hirviéndose. El peso de las muestras fueron 10.15g y el volumen de la solución es de 2,6L. Como en el proceso de hervir se evaporaba el agua, casi cada 20 minutos añadido 100ml del agua destilada midiendo el pH con pH metro. El rango de pH fue de 10,10 a 10,56 durante el tratamiento. Entonces, en total 4.4 litros de la solución fue usada en este tratamiento.

Después de 3 horas de operación, **CE3** fue sacado y sometido al proceso de lavado con agua destilada del tiempo para eliminar el resto de residuos. La **CE6** siguió siendo sometida al proceso de blanqueo durante 6horas. Después del tratamiento, La **CE6** fue lavada en el agua destilada durante 10 minutos y fue secada naturalmente durante 30 minutos bajo la luz solar sobre a la 13.00 h por la tarde, la temperatura fue 10°C y la velocidad del viento fue 1 Km/h.



Foto9. Tratamiento de blanqueo mediante la solución realizada con ceniza de paja de arroz y agua destilada sobre la tela de algodón.

Tabla 9. Las fórmulas de blanqueo natural

Muestra Condiciones	CE1	CE2	CE3	CE6
Tiempo	1h	2h	3h	6h
pH	9,19	9,0	10,30	10,56
Temperatura (°C)	70-80°C	70-80°C	90-100°C	90-100°C
Masa(g)	10,14g		10,15g	
Volumen de solución usado(litros)	2,6L		2,6L + 1.8L	
Lavado	Con el agua destilada fluida por 10minutos			
Secado	Sobre un tissue suave			Bajo de luz solar

5.2.2. Peróxido de hidrógeno (H₂O₂)

Para el sistema químico mediante peróxido de hidrógeno, se decidió a adaptar la fórmula utilizada en la tesina del máster de Irene Irizar Amilleta³⁴ que había sido creada por Sheila Landi³⁵.

Los productos empleados para realizar el proceso de blanqueo son:

- Peróxido de Hidrógeno (H₂O₂), 30%, p/p, purísimo, Charlau.
- Sodio Hidróxido (NaOH) lentejas PA-ACS-ISO, Panreac.
- Sodio Carbonato anhidro (Na₂CO₂) (Reag. ph. Eur.) PA-ACS-ISO, Panreac.
- Sodio Silicato (Na₂SiO₃) neutro solución QP, Panreac.
- Agua destilada grado HPLC obtenida en un equipo Medica Elga.

La concentración de la solución es de:

- 5 g de hidróxido de sodio en forma de perlas purificadas.
- 5 g de carbonato sódico
- 20 g de metasilicato de sodio
- 50 ml de peróxido de hidrógeno en solución al 30%
- 1000ml de agua destilada.

El pH de la solución es de 9 a 10, y a una temperatura 24°C.

Una muestra PH5 se dejó inmersa en el baño blanqueante durante cinco minutos, y la otra PH15 se empleó para el proceso de blanqueo de quince minutos. Después de introducir las muestras en la solución blanqueante, se retiraron de ella y se colocaron sobre un papel absorbente para eliminar el exceso de solución, se colocaron entre unas láminas de acetato evitando la entrada de aire y dejándolas diez minutos para que terminara de realizarse el proceso de blanqueo. Una vez pasados los diez minutos se dejan enjuagar las muestras en agua destilada durante cinco minutos, para eliminar los restos del agente blanqueante.

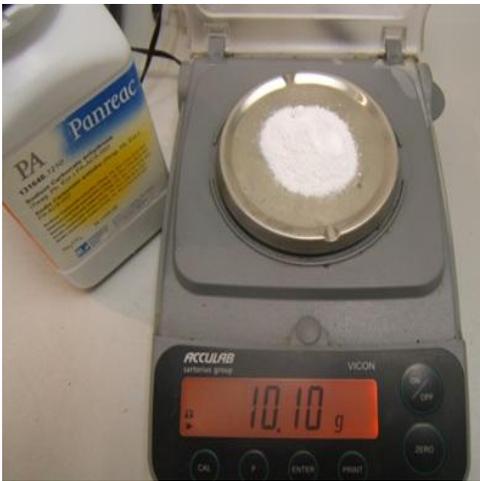
³⁴ IRIZAR, Irene Amilleta. *Aproximación al estudio del comportamiento de tejido de algodón tratado con sistema de blanqueo*. Valencia. 2011. Presentada en la universidad politécnica de Valencia para obtención del master de conservación y restauración de bienes culturales.

³⁵ LANDI, SHEILA. *The textile conservator's manual*, 1987.

Finalmente se dejaron secar.³⁶ La siguiente tabla enseña las condiciones utilizados en este tratamiento.

Tabla 10. Valores utilizados en el sistema de blanqueo mediante peróxido de hidrógeno

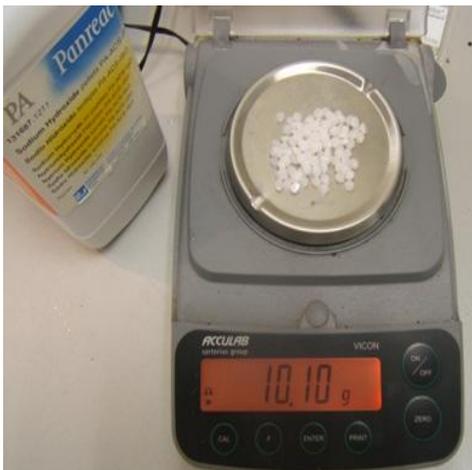
Muestra Condiciones	PH5	PH15
Tiempo	5min	15min
pH	10-11	10-11
Temperatura °C	70-80°C	70-80°C



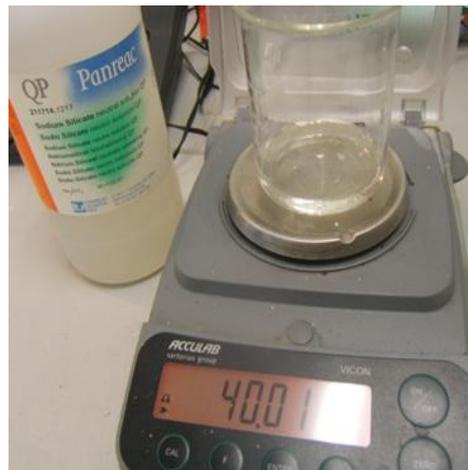
(a)



(b)



(c)



(d)

³⁶ IRIZAR, Irene Amilleta. *Aproximación al estudio del comportamiento de tejido de algodón tratado con sistema de blanqueo*. Valencia. 2011. Presentada en la universidad politécnica de Valencia para obtención del máster de conservación y restauración de bienes culturales.

Foto10. Los productos químicos utilizados en el tratamiento de blanqueo mediante peróxido de hidrógeno: **(a)** carbonato de sodio, **(b)** peróxido de hidrógeno, **(c)** hidróxido de sodio, **(d)** silicato de sodio.

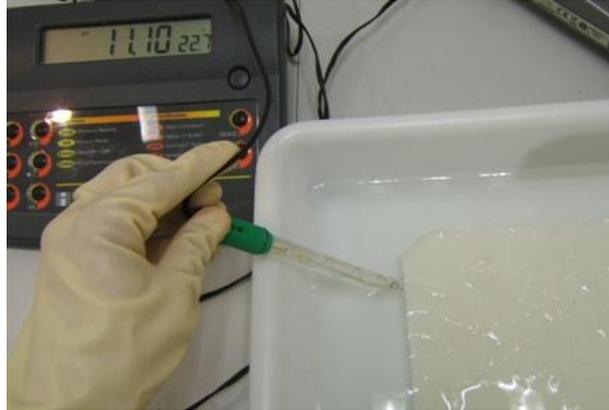


Foto11. Medición del pH de la solución mediante pH metro



Foto12. Tratamiento de blanqueo mediante peróxido de hidrógeno sobre la tela de algodón

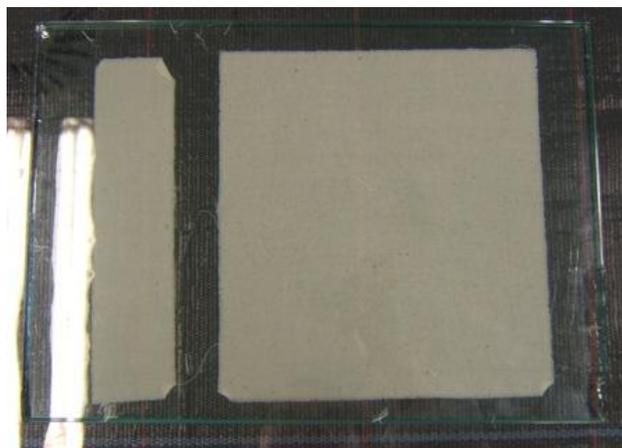


Foto13. El secado de la tela tratada por peróxido de hidrógeno bajo de la lámina de acetato

5.2.3. Hipoclorito sodio (NaClO)

A continuación, en este proceso de blanqueo se ha adaptado la fórmula expuesta en *papermaking* y *Chemical principles of textile conservation*, y la instrucción puesta en el producto químico. La solución está compuesta por agua destilada y por un 5% de hipoclorito de sodio. Se trata de una solución incolora y hedora tóxica.

Los productos empleados para realizar el proceso de blanqueo son:

- Sodio hipoclorito solución en agua, (NaClO), de CARLOS ERBA.
- Agua destilada grado HPLC obtenida en un equipo Medica Elga.

La concentración de la solución es de:

- 2L de agua destilada
- 100ml de hipoclorito de sodio

La muestra de algodón ES la dejamos sumergida en la solución en la vitrocerámica durante 15 minutos a una temperatura 70°C Tras el proceso, la muestra fue lavada en agua destilada fría fluida durante 10 minutos.

Tabla 11. Los valores utilizado en el sistema de blanqueo mediante hipoclorito de sodio

Muestra Condiciones	HS
Tiempo	15min
pH	11,52
Temperatura °C	70°C

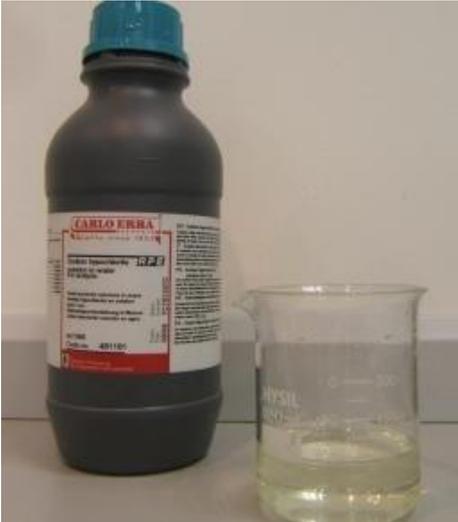


Foto14. Hipoclorito de sodio (NaClO)



Foto15. Mezcla con H_2O e hipoclorito de sodio (NaClO) al 5%



Foto16. El pH metro indica 11.52 de la solución

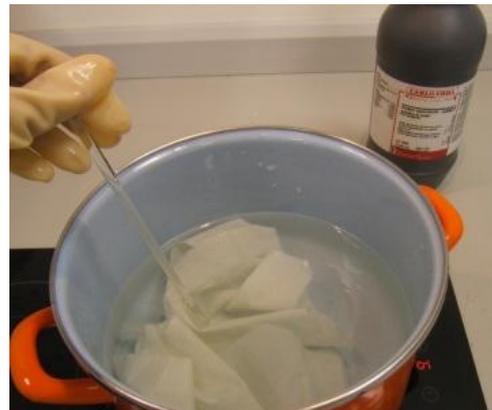


Foto17. El tratamiento de blanqueo mediante hipoclorito de sodio sobre la tela de algodón

Tabla 12. Los valores utilizados en cada sistema de blanqueo

SISTEMA DE BLANQUEO				
Tipo	Natural			
Material	Ceniza de paja de arroz con agua destilada			
Fórmula	K_2CO_3			
Nº de muestra	CE1	CE2	CE3	CE6
Tiempo	1 hora	2 horas	3 horas	6 horas
Temperatura	70-80°C	70-80°C	100°C	100°C
pH	9,19	9,0	10,30	10,56
Secado	Al aire	Al aire	Al aire	Secado al sol
SISTEMA DE BLANQUEO				
Tipo	Químico			Estándar
Material	Peróxido de hidrógeno		Hipoclorito de sodio	Lavado
Fórmula	H_2O_2		$NaClO$	H_2O
Nº de muestra	PH5	PH15	HS	ES
Tiempo	5min	15min	5 min	1 horas
Temperatura	-	-	70°C	60°C
pH	9-10	9-10	11,52	7

5.3. Instrumentación y procedimiento experimental

5.3.1. Análisis colorimétrico

En esta investigación, el espectro-colorimétrico Minolta CM-2600d fue utilizado a fin de medir el grado de blancura de la tela de algodón antes y después del tratamiento de blanqueo. La medición del color se realizó con respecto al sistema CIELAB utilizando iluminante CIE D65 (6500° K) y observador estándar 10° (KONICA MINOLTA SENSING, Inc.). Los datos obtenidos

mediante la colorimetría significarán según siguientes explicaciones para mejorar el entendimiento.³⁷

- $L^* = 116 * (Y/Y_0)^{1/3} - 16$. El eje vertical L^* marca el eje de la luminosidad del color. Los dos ejes ortogonales del plano de cromaticidad del color, a^* y b^* representan, en base al criterio de los colores opuestos, la variación rojo-verde (a^*) y amarillo-azul (b^*). (100=blanco, 50=gris, 0=negro).
- $a^* = 500 * [(X - X_0)^{1/3} - (Y - Y_0)^{1/3}]$. Un valor positivo de a^* significa que tiene componente roja, si, en cambio, es negativo, tiene componente verde.
- $b^* = 200 * [(Y - Y_0)^{1/3} - (Z - Z_0)^{1/3}]$. Por otra parte si b^* es positivo, significa que el color tiene componente amarilla y si, en cambio, es negativo, la tiene azul.
- $\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$
- $\text{Croma } C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$
- $\text{Ángulo de Tono } h = \text{arc.tg}(b/a)$



Foto18. Medición de colorimetría

5.3.2. Análisis por microscopía óptica

El microscopio óptico nos permite observar la morfología, la textura y el color de la fibra de algodón a mayores aumentos. Es un microscopio óptico de la marca Leica modelo DMR con sistema de luz incidente, transmitida (PPL) y un sistema de luz polarizada (XPL).

³⁷ SAN MARTÍN ARMIJO, Andrea. *El uso de la pintura a cal: Ventajas e inconvenientes de su aplicación sobre morteros tradicionales*. Valencia. 2011. Presentada en la universidad politécnica de Valencia para obtención del máster de conservación y restauración de bienes culturales.

5.3.3. Espectrometría infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)

Las muestras CE1, CE2, CE3, CE6, PH5, PH15, HS y ES fueron analizadas mediante espectrometría FTIR modelo Vertex 70(Bruker Optik) en modo de ATR.

Los espectros IR se obtuvieron en un espectrómetro de infrarrojos por transformada de Fourier modelo Vertex 70 (Bruker Optik GmbH), con un detector con temperatura estabilizada por FRDGTS (fast recovery deuterated triglycine sulfite) Bruker Óptica ®, con accesorio en modo de reflexión total atenuada ATR modelo MKII Golden Gate. Las condiciones de trabajo fueron: Número de escaneos 32 y con una resolución de 4 cm⁻¹. Los datos fueron procesados con el software OPUS, versión 5.0. Los espectros originales obtenidos en modo ATR fueron convertidos a modo absorbancia.

6. Resultados y Discusión

6. Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos a través de las experimentaciones como colorimetría, microscopio óptico y Espectrometría infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) son evaluados y estudiados, comparándolos según la siguiente esquema. Primordialmente la evaluación se realizará dependiendo de cada sistema de blanqueo y en seguida, se realizará una comparación entre los que se obtenga el mejor resultado desde el punto de vista del efecto de blanqueamiento sobre la tela de algodón.

Figura 2. Esquema de comparación de los sistemas de blanqueo

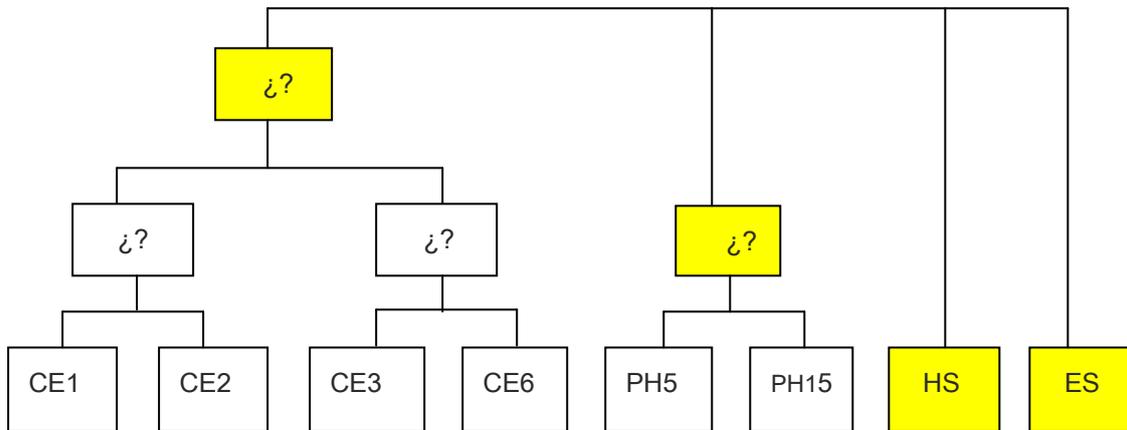


Tabla 13. Descripción de la nomenclatura utilizada

CE1	Algodón Lavado y blanqueado con Ceniza y H ₂ O, pH 9, 1horas, T 70-80°C
CE2	Algodón Lavado y blanqueado con Ceniza y H ₂ O, pH 9, 2horas, T 70-80°C
CE3	Algodón Lavado y blanqueado con Ceniza y H ₂ O, pH 10, 3horas, T 100°C
CE6	Algodón Lavado y blanqueado con Ceniza y H ₂ O, pH 10, 6horas, T 100°C
PH5	Algodón Lavado y blanqueado con Peróxido de hidrógeno, pH 10a11, 5min
PH15	Algodón Lavado y blanqueado con Peróxido de hidrógeno pH 10a11, 15min
HS	Algodón Lavado y blanqueado con Hipoclorito de sodio, 15min y 70°C
ES	Algodón lavado, Estándar

6.1. Colorimetría

La colorimetría fue medida a fin de evaluar e observar el efecto visual de blanqueamiento sobre la tela de algodón 100% cruda sin blanquear. Principalmente, la comparación de los datos obtenidos se van a procesar según cada sistema de blanqueo, y posteriormente, realizaremos la siguiente comparación entre los que obtengan el mayor resultado entre ellos.

Tabla 14. Comparaciones de la medida de los datos en SCI y SCE

SCI	L*	a*	b*
ES	88,97	0,71	7,94
CE1	88,49	1,00	8,52
CE2	87,80	1,23	9,38
CE3	88,16	1,24	8,17
CE6	87,82	1,23	7,51
PH5	91,69	-0,15	4,41
PH15	91,66	-0,26	5,05
HS	93,89	0,42	-2,39

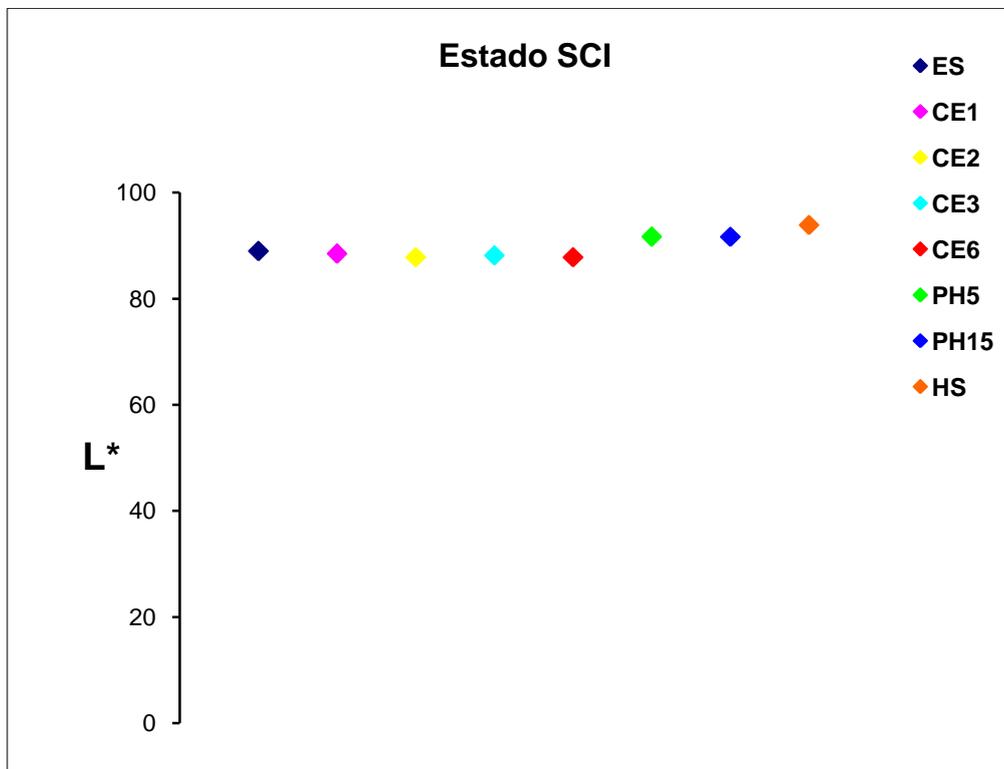
SCE	L*	a*	b*
ES	89,02	0,76	7,72
CE1	88,56	1,05	8,30
CE2	87,88	1,28	9,16
CE3	88,21	1,29	7,93
CE6	87,89	1,28	7,26
PH5	91,73	-0,08	4,19
PH15	91,72	-0,19	4,83
HS	93,94	0,50	-2,64

Tabla 15. Valores del cambio de color total de las muestras tratadas en los distintos procesos de blanqueo

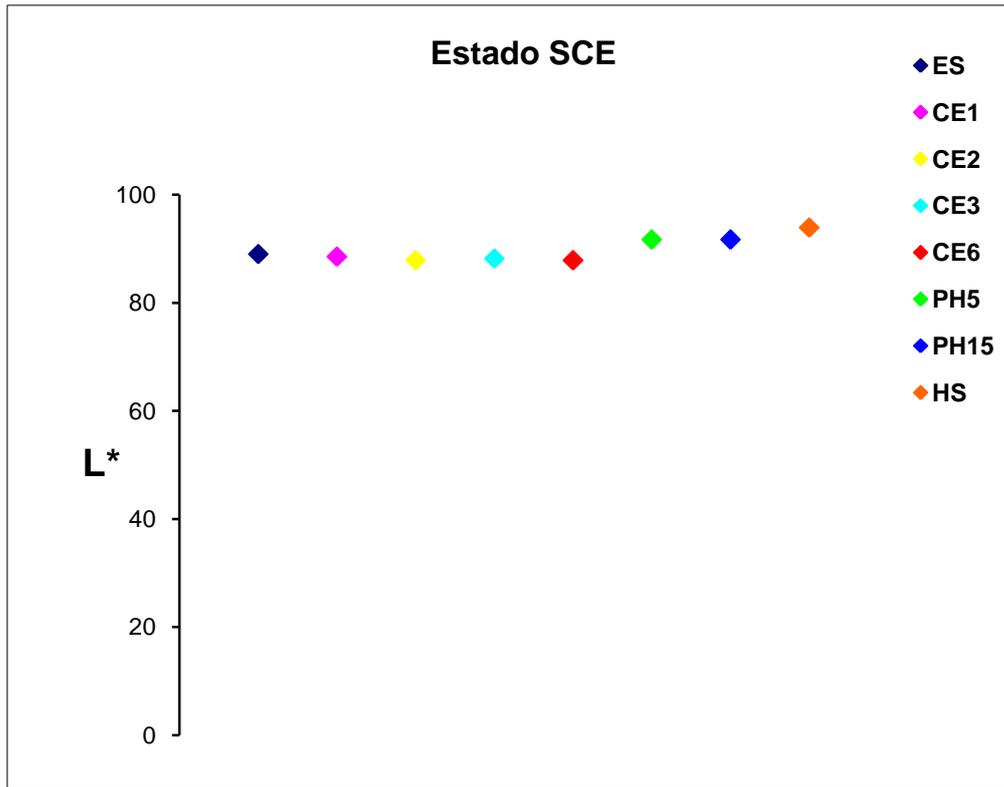
SCI	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
CE1	-0,48	-0,30	-0,58	0,81
CE2	-1,17	-0,52	-1,44	1,73
CE3	-0,81	-0,24	-0,23	1,20
CE6	-1,15	-0,53	0,43	2,80
PH5	2,72	0,86	3,53	4,54
PH15	2,69	0,97	2,89	4,07
HS	4,92	0,29	10,33	11,45

SCE	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
CE1	-0,46	-0,29	-0,59	0,80
CE2	-1,14	-0,51	-1,44	1,91
CE3	-0,81	-0,53	-0,21	0,99
CE6	-1,13	-0,52	0,46	1,32
PH5	2,71	0,84	3,52	4,53
PH15	2,70	0,95	2,89	4,07
HS	4,92	0,26	10,35	11,47

Las tablas 14 y 15 muestran las comparaciones entre distintos sistemas de blanqueo experimentados en esta investigación desde punto de vista del tono, croma como puede observarse las tablas mostradas anteriormente, los datos obtenidos en SCI y SCE coinciden en todos los casos. Las siguientes gráficas 1 y 2 nos permiten observar el cambio del grado de luminosidad (L^*) según las muestras de algodón tratadas.



Gráfica 1 los valores de la luminosidad L^* en SCI

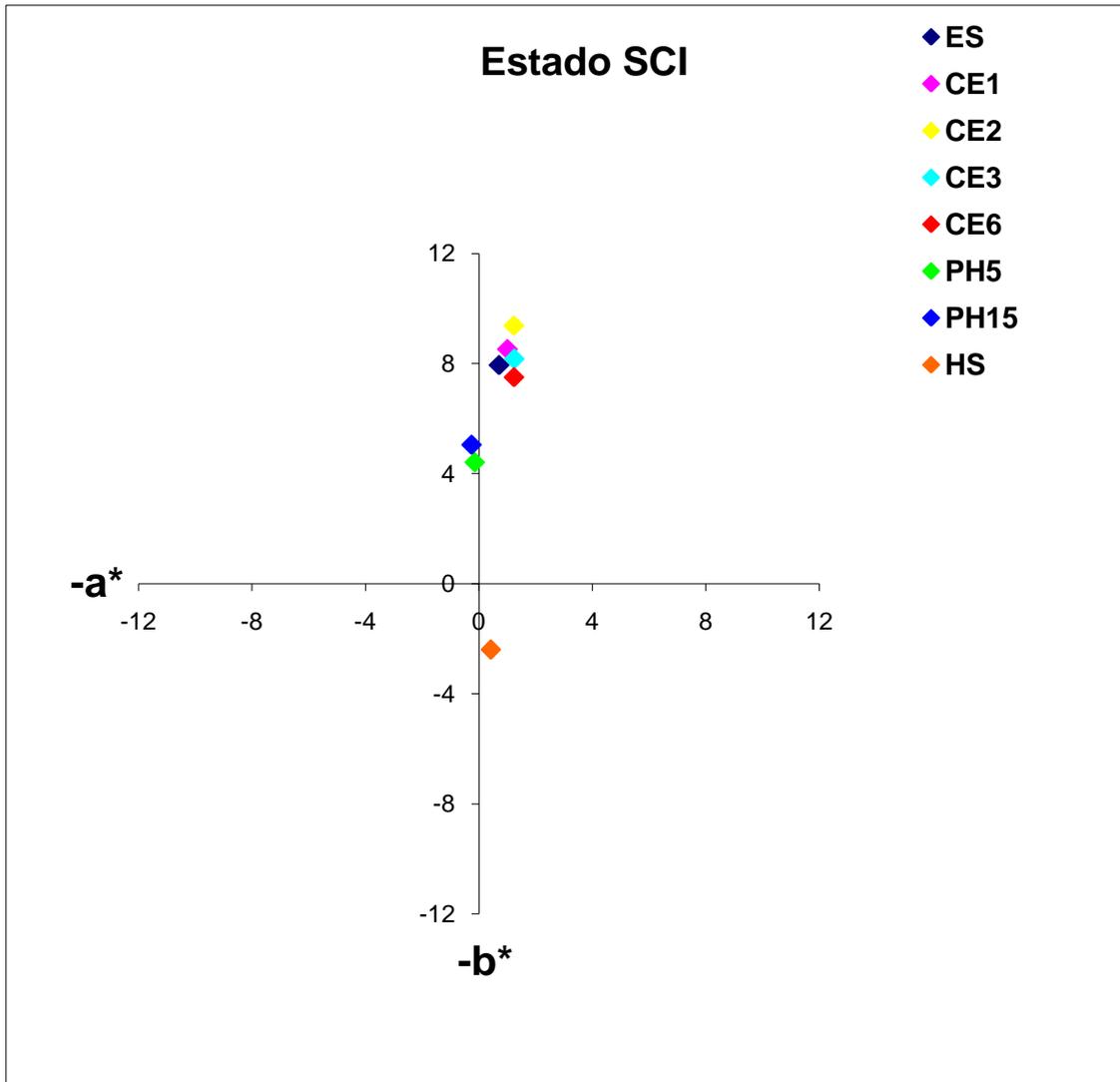


Gráfica 2 Valores de luminosidad L* en SCE de las muestras de algodón tratadas

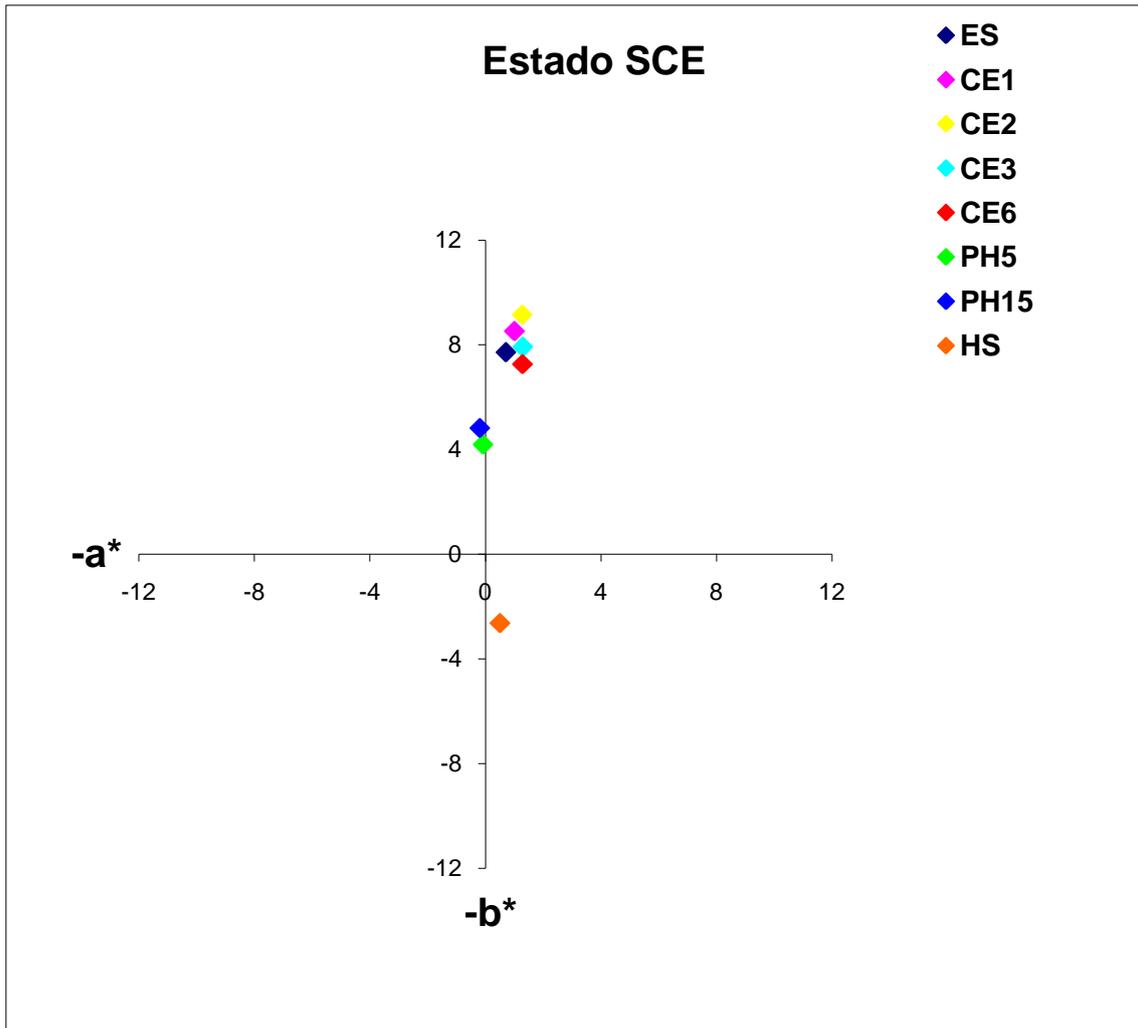
En primer lugar, en el caso del sistema natural (ceniza de paja de arroz con agua destilada) hubo una pérdida de la luminosidad que la CE1 después del tratamiento de blanqueo como se observa en las gráficas 1 y 2 así mismo la muestra CE6 perdió más luminosidad que la CE3. Se puede deducir que a mayor valor del pH, tiempo de operación y temperatura, menor es el brillo y la luminosidad en la tela de algodón.

En caso del tratamiento de blanqueo mediante peróxido de hidrógeno, las muestras PH5 (5 minutos de operación), PH15 (15 minutos de operación con peróxido de hidrógeno), la gráfica indica una semejanza entre ellos desde punto de vista de la luminosidad, resultando que la duración del tiempo no afecta al tratamiento. En el caso de la PH5 hubo más luminosidad que la PH15 aunque es un valor pequeño según la tabla 14. Sin embargo, después del tratamiento de blanqueo la tela de algodón experimentó mayor luminosidad. Por otra parte, la muestra HS cuyo tratamiento de blanqueo mediante hipoclorito de sodio experimentó un incremento destacable en la luminosidad indicando el grado de blancura 93,89 en SCI y 93,94 en SCE, aproximadamente 1.5 veces más que los otros tipos de sistema blanqueo según las tablas 14 y 15.

A continuación, las siguientes gráficas 3 y 4 nos muestran los datos obtenidos de colorimetría desde punto de vista cromática en SCI y SCE.



Gráfica 3 Valores de a^* y b^* en SCI de las muestras de algodón tratadas



Gráfica 4 Valores de a^* y b^* en SCE de las muestras de algodón tratadas

Desde el punto de vista cromático, el caso de las muestras CE1, CE2, CE3 y CE6 en todo el sistema natural tienden a rojo mientras que otras muestras como PH5, PH15 y HS tienden a verde. Probablemente, el color marrón rojizo de la solución fabricada mediante ceniza con agua produjera una variación cromática en la tela de algodón. Por otro lado, las muestras CE1, CE2 y CE3 amarillean notablemente mientras que la muestra CE6 tiende a azul según el resultado de b^* . Se supone que es debido a que las variaciones utilizadas en los diferentes parámetros optimizados de mayor tiempo, temperatura, el pH y secado al sol en el caso de la muestra CE6, habría podido efectuar por problema en la cromática. De la misma manera las PH5, PH15 y HS tienden a azul según las graficas 3 y 4.

Tabla 16. Resultados de los datos obtenidos de a* y b* en SCI y SCE

SCI/SCE	L*	a*	b*
CE1	-	Rojo	Amarillo
CE2	-	Rojo	Amarillo
CE3	-	Rojo	Amarillo
CE6	-	Rojo	Azul
PH5	+	Verde	Azul
PH15	+	Verde	Azul
HS	+	Verde	Azul

Respecto al incremento de color total ΔE^* si es mayor que 2, es perceptible por el umbral de percepción humano a menores valores no hay tal percepción. Como puede observarse en las tablas 14 y 15, los datos resultados de las muestras CE1, CE2, CE3 y CE6 que fueron tratadas mediante el sistema natural (ceniza de paja de arroz con agua destilada) dan valores menores que 2, indicando que no son perceptibles. A continuación, otras muestras HP5, HP15 y SH con valores mayores que 2, siendo perceptibles por los mismos.

En suma, el sistema natural (de ceniza con agua) produce un tono cálido mientras que los sistemas químicos tanto de peróxido de hidrógeno como de hipoclorito de sodio producen un tono frío sobre la tela de algodón desde punto de vista cromático. Por último, las muestras tratadas por el sistema natural perdieron luminosidad a pesar de ser un valor pequeño.

5.3.2. Análisis por microscopía óptica (MO)

Según las siguientes fotografías obtenidas mediante microscopía óptica, se puede observar y estudiar la morfología, textura y color de la fibra de algodón que compone la tela utilizada en el tratamiento de blanqueo.

Se observa la torsión del algodón según las fotografías. Las muestras **CE1,CE2,CE3,CE6,PH5** y **PH15** contienen algunas impurezas naturales de color amarillo y marrón claro o manchas naturales en las fibras de algodón. Sin embargo, según las muestras **HS** (blanqueada mediante hipoclorito de sodio) no contiene.

Las fibras de algodón tratadas por el sistema natural (ceniza de paja de arroz con agua destilada) tienen unos tonos cálidos mientras que otras muestras blanqueadas por los sistemas químicos: peróxido de hidrógeno (H_2O_2) e hipoclorito de sodio ($NaClO$); muestran tonos fríos. Este resultado se corresponde con los obtenidos mediante colorimetría.

La muestra de algodón(ES) lavado en agua destilada neutra a una temperatura 70°C

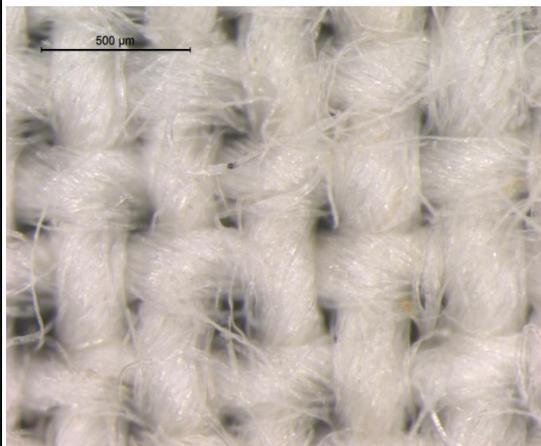


Foto 19. Muestra ES, 40x

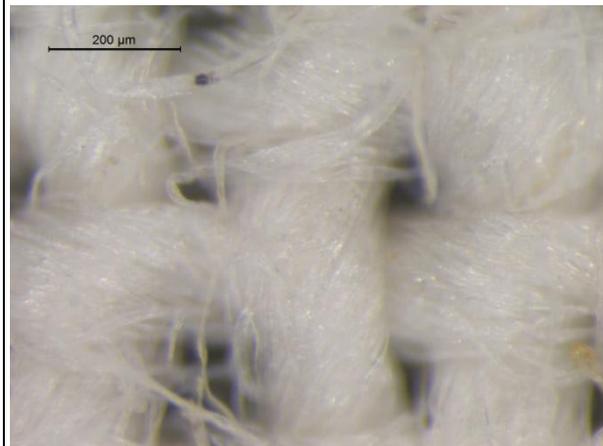


Foto 20. Muestra ES, 80x

La muestra CE1 de algodón blanqueada mediante el sistema natural (ceniza de paja de arroz con agua destilada): 1h, 70-80°C, pH 9,19

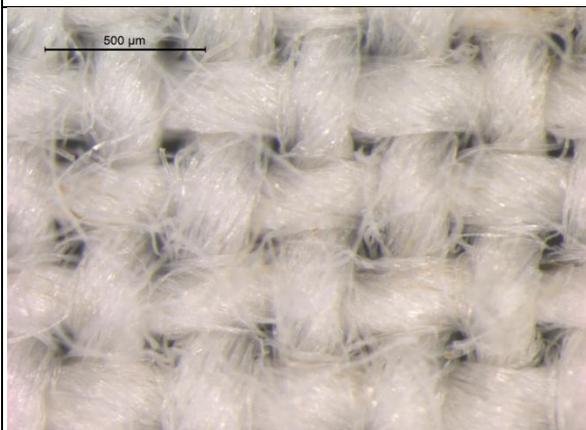


Foto 21. Muestra CE1, 40x

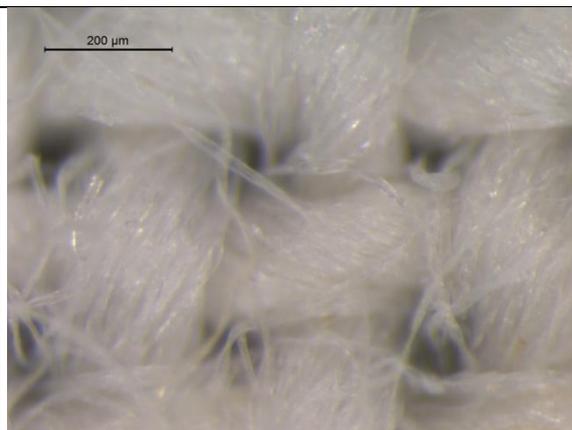


Foto 22. Muestra CE2, 80x

La muestra CE2 de algodón blanqueada mediante el sistema natural (ceniza de paja de arroz con agua destilada): 2 h, 70-80°C, pH 9,19

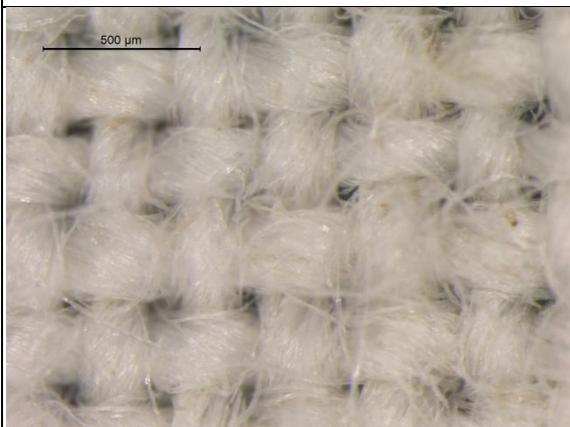


Foto 23. Muestra CE2, 40x

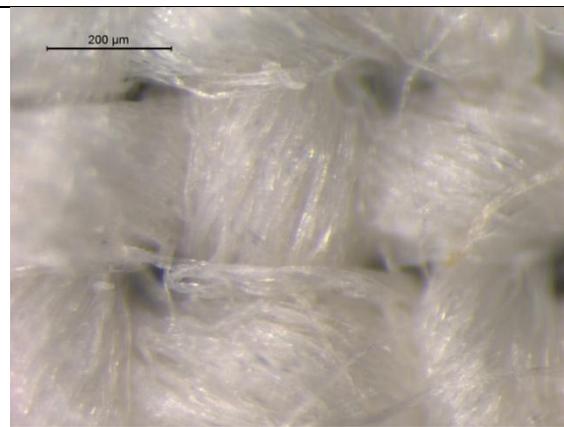


Foto 24. Muestra CE2, 80x

La muestra CE3 de algodón blanqueada mediante el sistema natural (ceniza de paja de arroz con agua destilada): 3 h, 100°C, pH 10,30

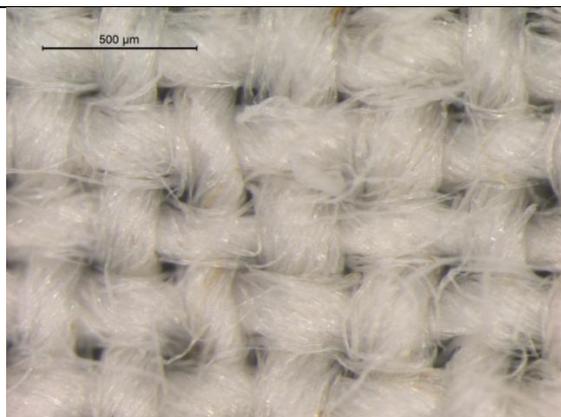


Foto 25. Muestra CE3, 40x

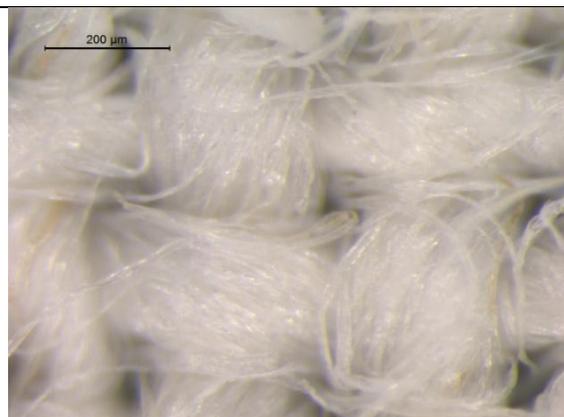


Foto 26. Muestra CE3, 80x

La muestra CE6 de algodón blanqueada mediante el sistema natural (ceniza de paja de arroz con agua destilada): 6 h, 100°C, pH 10,56, secado al sol

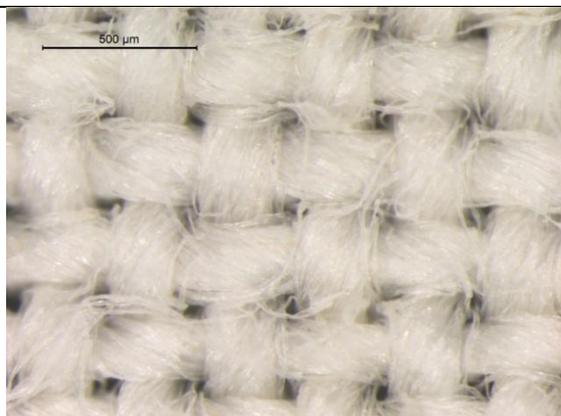


Foto 27. Muestra CE6, 40x



Foto 28. Muestra CE6, 80x

**La muestra PH5 de algodón blanqueada mediante Peróxido de hidrógeno (H_2O_2)
: 5 min, pH 9-10**

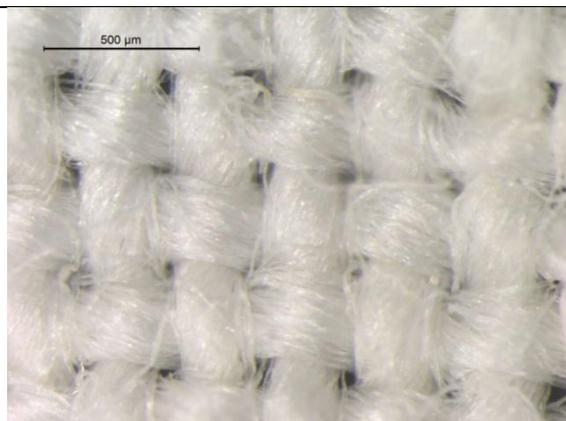


Foto 29. Muestra PH5, 40x

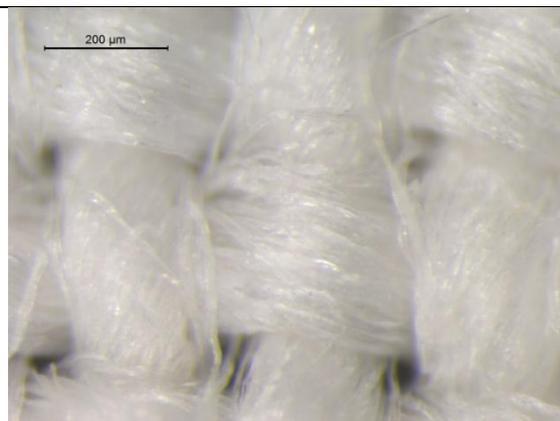


Foto 30. Muestra PH5, 80x

**La muestra PH15 de algodón blanqueada mediante Peróxido de hidrógeno (H_2O_2) : 15
min, pH 9-10**

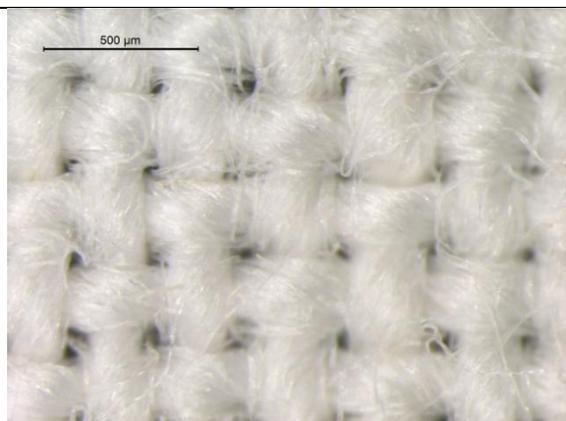


Foto 31. Muestra PH15, 40x

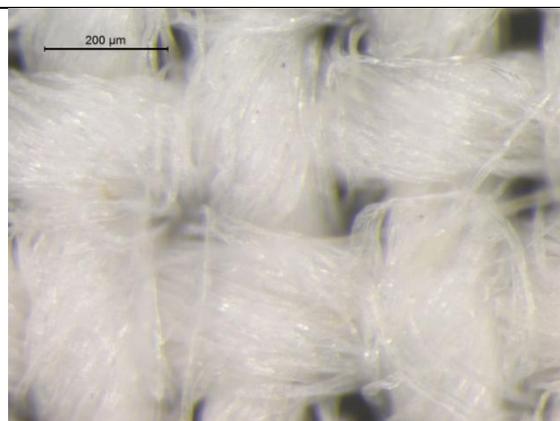


Foto 32. Muestra PH15, 80x

**La muestra HS de algodón blanqueada mediante Hipoclorito de sodio (NaClO)
: 5 min, 70°C , pH 11,52**

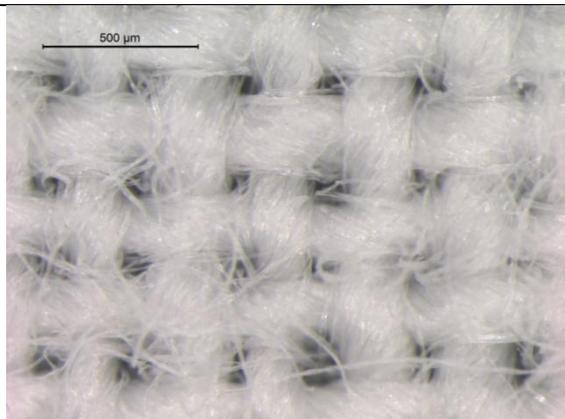


Foto 33. Muestra HS, 40x

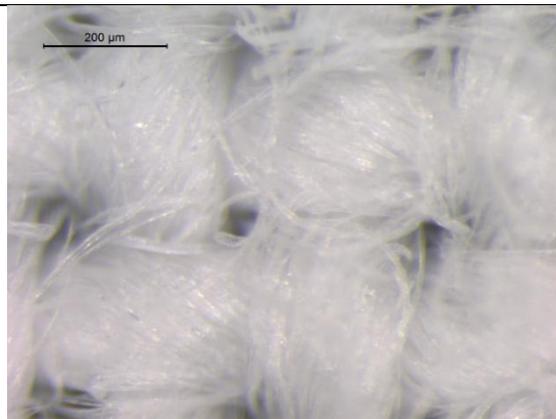


Foto 34. Muestra HS, 80x

6.3. FTIR

6.3.1. Análisis del sistema natural: Ceniza de paja de arroz con agua destilada

Espectros IR obtenidos mediante FTIR están restringidos dentro de la región de *Mid-IR* cuyo número de onda es 400-4000cm⁻¹.³⁸

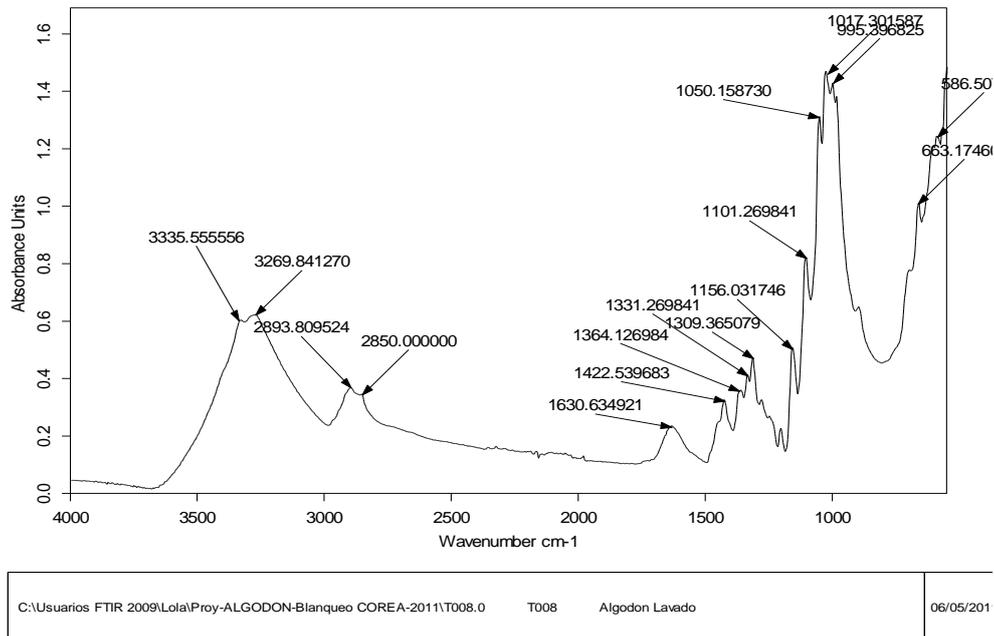


Figura 3. Espectro IR del algodón lavado con las bandas de absorbancia

En la figura 4, se presentan los espectros de absorbancia de infrarrojos en las fibras de algodón que fueron tratadas por el sistema natural (ceniza de paja de arroz con agua destilada). Se observa la dinámica diferencial de absorbancia de IR dependiendo cada tipo de sistema de blanqueo correspondiendo a varios picos de banda.

³⁸ Robinson, James W.; Skelly Frame, Eileen.; Frame II, George M. " Chapter4. IR Spectroscopy " En: *Undergraduate instrumental analysis*. 6th edition. New York: Marcel Dekker, 2005. ISBN 0-8247-5359-3

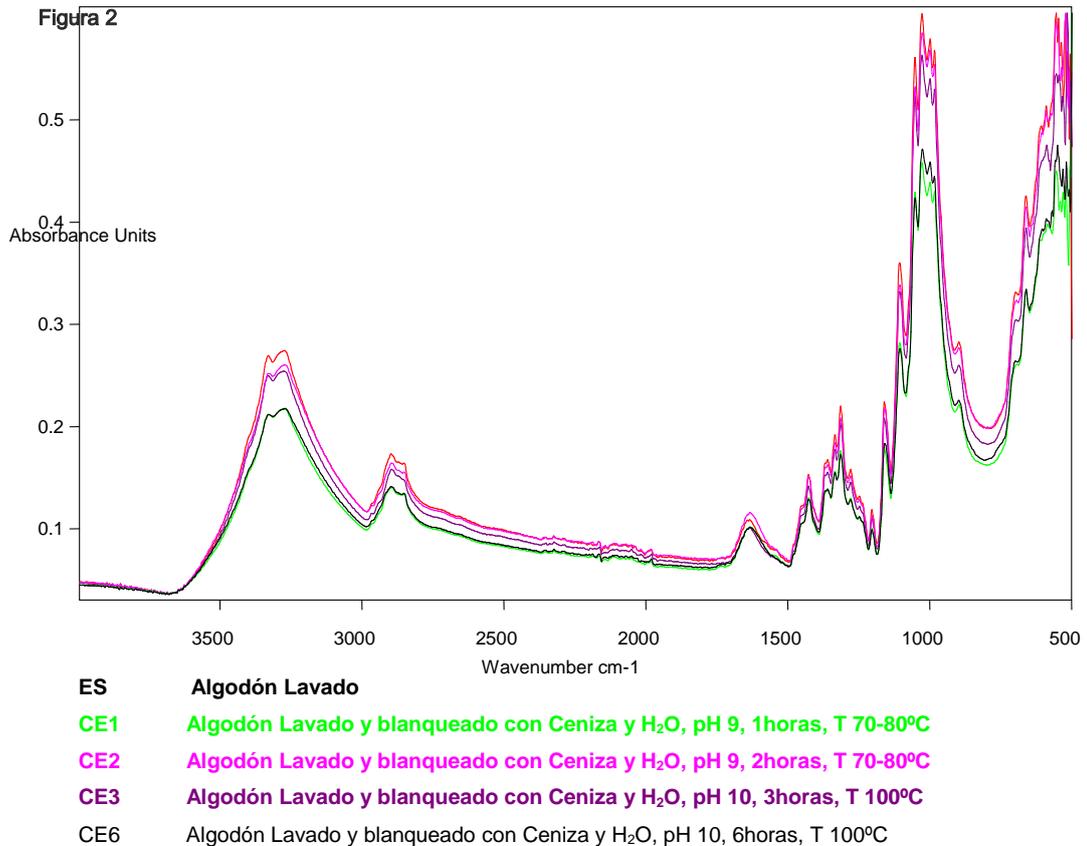


Figura 4. Cuatro comparaciones de espectro de las muestras CE1, CE2, CE3, y CE6 (muestras tras de tratamiento de blanqueo mediante el sistema natural: ceniza de paja de arroz con agua destilada) y T008 (muestra de estándar).

Se observa que La CE1 casi no produce oxidación de la fibra de algodón con respecto a ES (la tela lavada) mostrando una semejanza de banda de IR entre ellos. Por el otro lado, CE2 (blanqueo con Ceniza y agua destilada, pH 9, 2h, T 70-80°C) contiene mayor concentración del grupo hidroxilo (-OH). Es decir, en la misma condición del pH9, la oxidación de la fibra de algodón funciona mejor cuando sea mayor la temperatura y el tiempo de operación. En la siguiente figura 5, se observa el drástico cambio entre las dos muestras CE1 y CE2.

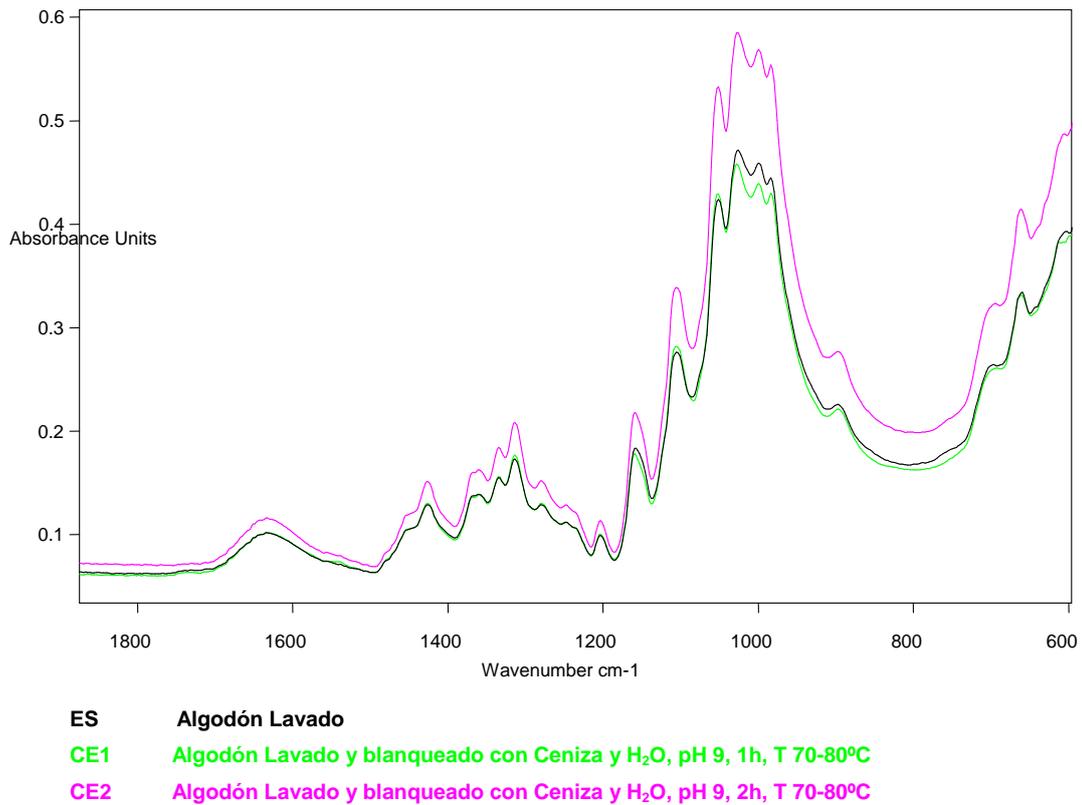
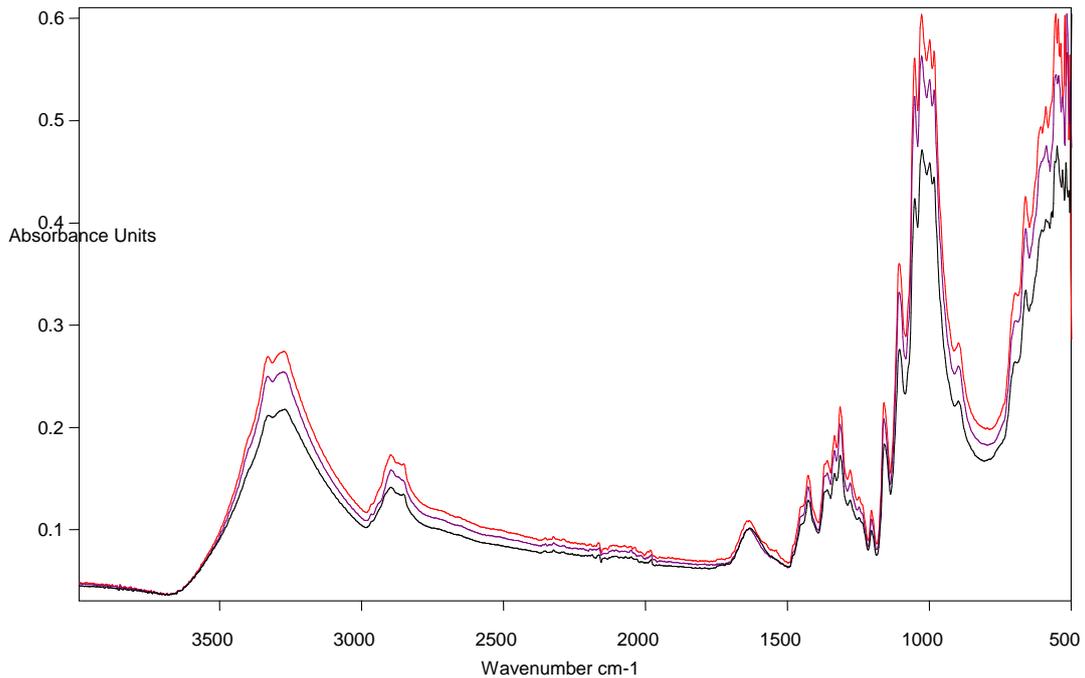


Figura 5. Detalle del espectro de comparación de la muestra de estándar (ES, sin tratamiento) y muestras (CE1 y CE2)

Así mismo en el tratamiento de blanqueo mediante el sistema natural, en la misma condición del pH rango 10-11 hirviendo las fibras de algodón en la solución con varios tiempos de operación, resulta lo mismo. Según la figura 6, nos indica que la absorbancia de IR correspondiente a la banda de 3335cm-1 es más elevada en caso de la muestra CE6 por lo que hemos imitado la fórmula tradicional, resultando alta vibración de tensión del grupo hidroxilo (-OH). Por lo tanto cuantas más horas pasa, más absorbancia de IR presenta la fibra de algodón (-OH).

Por consiguiente, la fórmula tradicional que se utilizaba para blanquear la fibra de árbol en Corea del Sur, también funciona efectivamente sobre la fibra de algodón crudo 100% sin blanquear.



ES Algodón Lavado
CE3 Algodón Lavado y blanqueado con Ceniza y H₂O, pH 10, 3h, T 100°C
CE6 Algodón Lavado y blanqueado con Ceniza y H₂O, pH 10, 6h, T 100°C

Figura 6. Tres comparaciones de espectro de las muestras CE3 y CE6 (que resultan mayor valor de absorbancia de IR) y ES (muestra de estándar)

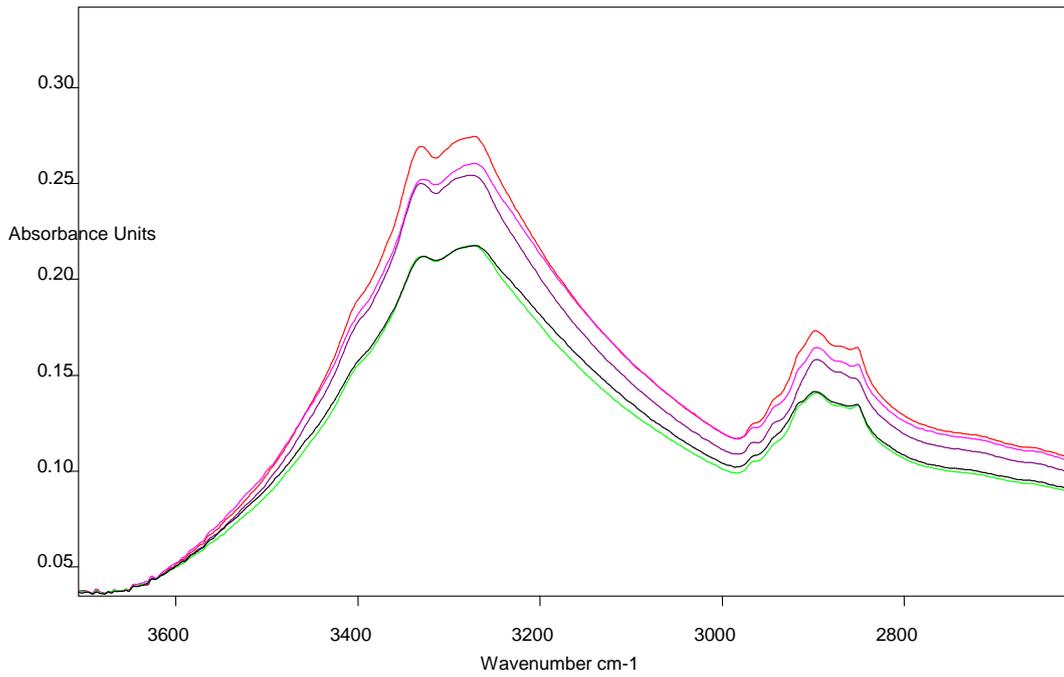
El tratamiento de blanqueo mediante el sistema natural ha dado un resultado positivo sobre la tela de algodón crudo 100% dependiendo de las siguientes circunstancias:

- Cuanto más elevada sea la concentración de iones de hidrógeno (pH) en la solución. El alcalino más fuerte le afecta más según la figura 7.
- Cuanto más alta sea la temperatura, el efecto de blanqueo aumenta debido al incremento de la energía cinética de las moléculas que contiene la solución.
- Cuanto más larga sea el tiempo de operación. La temperatura acelerará las variaciones químicas.

Tal vez, estas condiciones excesivamente elevadas podrán causar daño o alteración a la estructura química de la fibra de textil histórica dependiendo su estado de conservación y los valores utilizados (el tiempo, la temperatura y el pH). Como se ha observado la evaluación de los resultados obtenidos de colorimetría, mayor valor de condiciones hace perder la luminosidad; porque cuando presenta la alta absorbancia de IR al grupo hidroxilo (-OH), también incrementa la vibración del grupo ácido carboxílico (-COOH) correspondiente a la

banda de 1660cm^{-1} . Y es posible provocar daños en la estructura química de la misma o causar problemas cromáticos.

Por último, los valores de la absorbancia de IR correspondiente a la banda de 3335cm^{-1} son mayores con respecto a la muestra estándar ES resultando que el sistema natural produce oxidación al grupo hidroxilo (-OH). Eso implica que este sistema es un blanqueo oxidativo.



- ES** Algodón Lavado
- CE1** Algodón Lavado y blanqueado con Ceniza y H₂O, pH 9, 1h, T 70-80°C
- CE2** Algodón Lavado y blanqueado con Ceniza y H₂O, pH 9, 2h, T 70-80°C
- CE3** Algodón Lavado y blanqueado con Ceniza y H₂O, pH 10, 3h, T 100°C
- CE6** Algodón Lavado y blanqueado con Ceniza y H₂O, pH 10, 6h, T 100°C

Figura 7. Cuatro comparaciones entre los sistemas de blanqueo natural mediante ceniza de paja de arroz con agua destilada

6.3.2. Análisis del sistema químico: Peróxido de hidrógeno

Las muestras de algodón PH5 y PH15 que fueron tratadas por peróxido de hidrógeno, resultan coincidentes sus espectros IR de absorbancia con respecto a la muestra estándar ES según la figura 8. No obstante, la muestra PH5 se observa más concentración del grupo hidroxilo (-OH) que la muestra PH15. Puede ser que con 5 minutos de tratamiento de blanqueo mediante peróxido de hidrógeno ya habría oxidado todos los grupos hidroxilos (-OH) que existía en la fibra de algodón. Por lo tanto, la banda de IR correspondiente a la muestra PH15 disminuyó según la figura 8. Es decir, en esas condiciones, con más tiempo puede provocar una degradación a la estructura química de la fibra de algodón.

Asimismo, la muestra PH5 mostró más luminosidad con respecto a la muestra PH15 y ES aunque es un incremento pequeño. El tratamiento de blanqueo con peróxido de hidrógeno por 5 minutos mejora el grado de blancura del algodón aumentando los grupos hidroxilos (-OH).

Aún así los valores de absorbancia IR del grupo hidroxilo (-OH) son mayores que el de la muestra estándar ES. Del sistema de blanqueo de peróxido de hidrógeno resulta la oxidación a la fibra de algodón.

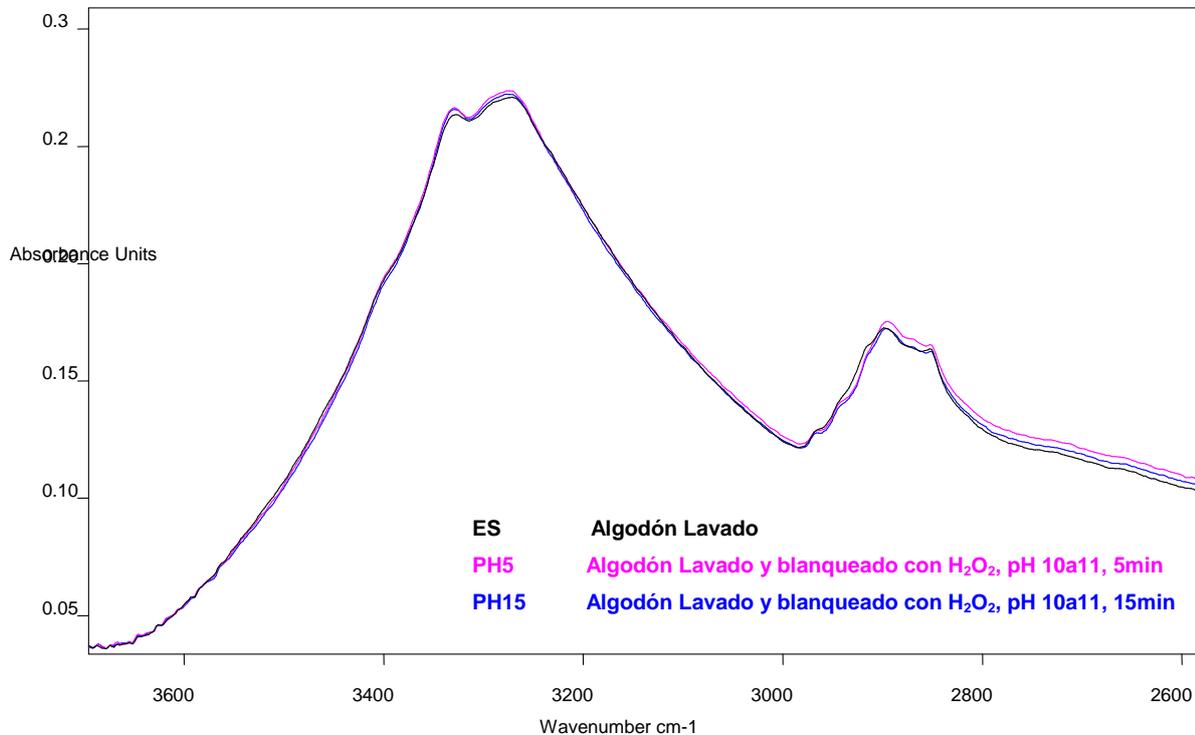
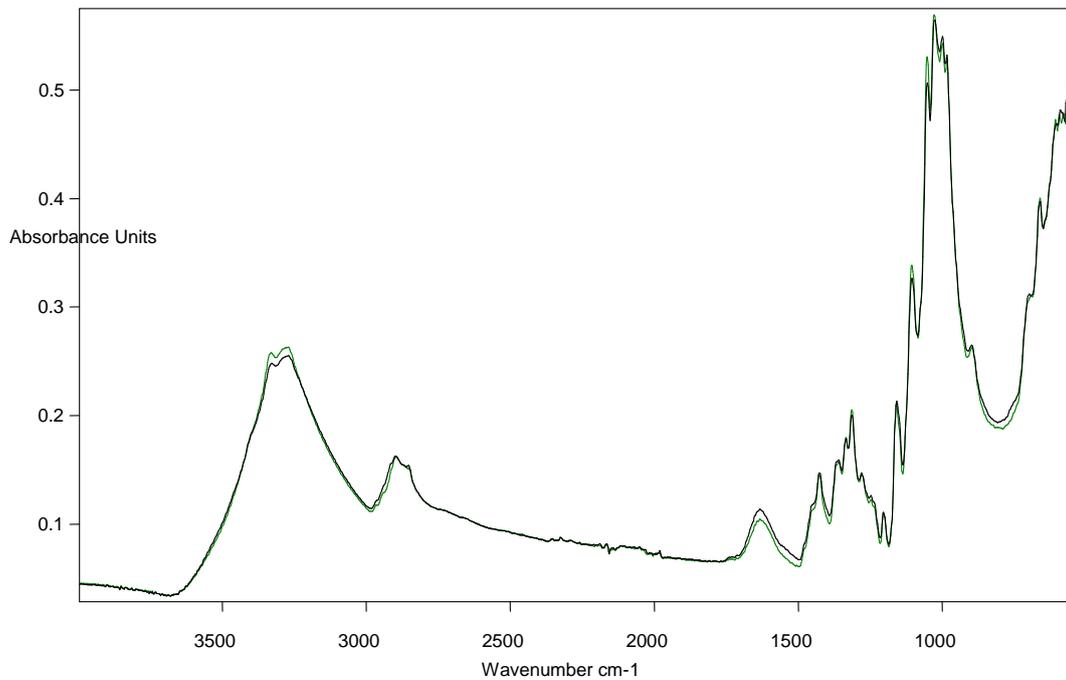


Figura 8. Tres comparaciones de espectro IR de las muestras tratadas por peróxido de hidrógeno (PH5 y PH15) y la muestra estándar (ES)

6.3.3. Análisis del sistema químico: Hipoclorito de sodio

El espectro correspondiente a la banda de 1630 cm^{-1} indica la vibración del grupo C=O como carboxílico y aromático.^{39 40} Se concluye que esta banda se va disminuyendo por la reacción de hipoclorito de sodio en la fibra de algodón. En suma, esta reacción disminuyó los grupos cromóforos que provocaban el amarilleamiento sobre la celulosa de fibra de algodón. Con respecto a la figura 9, hubo mayor luminosidad del algodón según los datos obtenidos de colorimetría. Aparte de eso, se observa que la absorbancia de IR del grupo -OH correspondiente a la banda de 3269 cm^{-1} ha incrementado después del tratamiento de blanqueo con el mismo. El resultado de esto es que produce oxidación en la fibra de algodón aumentando la concentración del grupo hidroxilo (-OH) tanto la solución de ceniza con agua como el peróxido de hidrógeno.



ES Algodón Lavado

HS Algodón Lavado y blanqueado con NaClO, 15min y 70°C

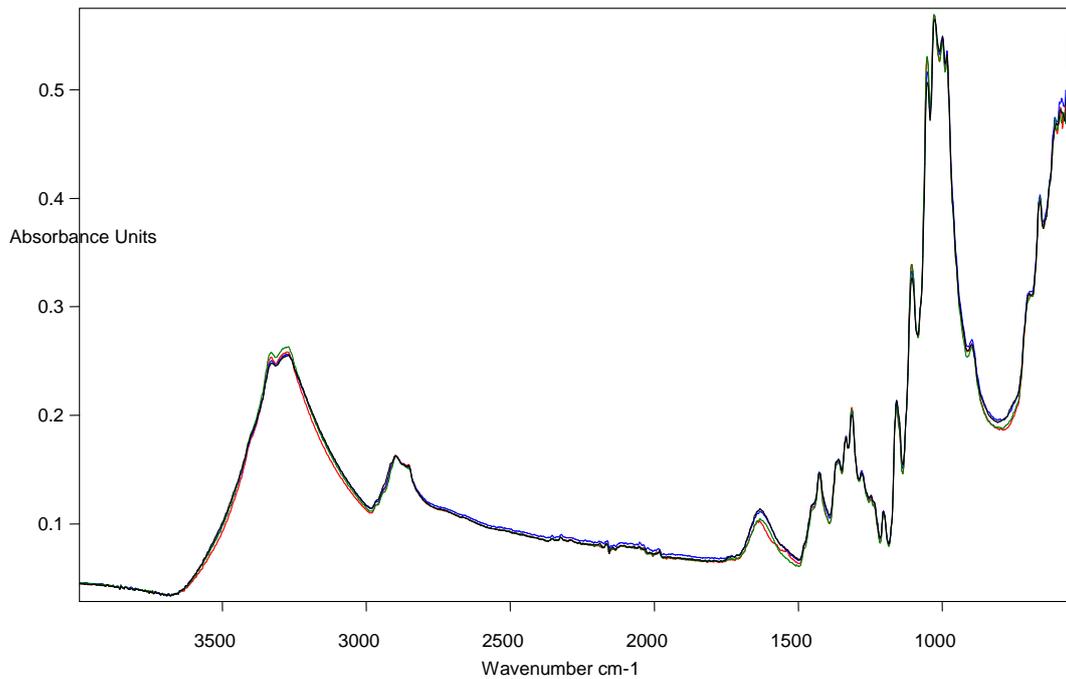
Figura 9. Comparaciones de espectro IR de las muestras HS (la de hipoclorito de sodio) y ES (la estándar)

³⁹ F.J. Stevenson, Humus Chemistry, Wiley, New York, 1982.

⁴⁰ I. Kogel-Knabner, in: J.-M. Bollag, G. Stotzky Eds., Soil Biochemistry, Vol. 8, Marcel Dekker, New York, 1993, p.101.

6.3.4. Análisis de todos los sistemas de blanqueo

A continuación, se han superpuesto los espectros IR que pertenecen a cada tipo de sistema de blanqueo a fin de mejorar la comparación entre ellos.



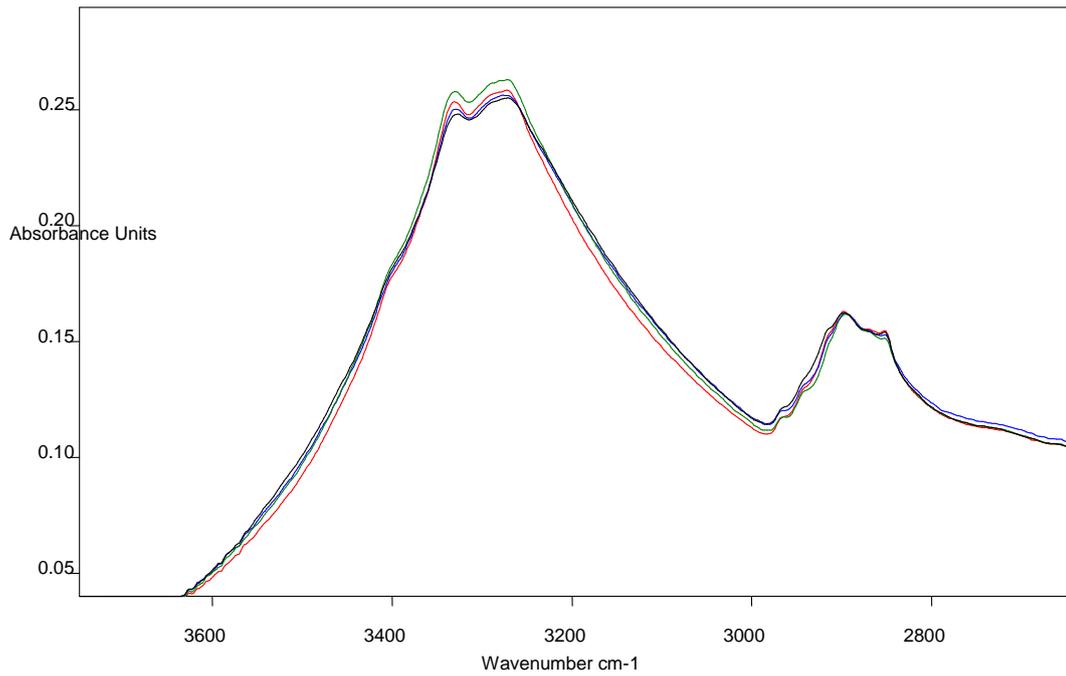
- ES** Algodón Lavado
- HS** Algodón Lavado y blanqueado con NaClO, 15min y 70°C
- PH15** Algodón Lavado y blanqueado con H₂O₂, pH 10a11, 15min
- CE6** Algodón Lavado y blanqueado con Ceniza y H₂O, pH 10, 6horas, T 100°C

Figura 10. Cuatro comparaciones de espectros de las muestras HS, PH5, CE6 y ES

Según la absorbancia IR del grupo hidroxilo (-OH) correspondiente a la banda de 3269cm⁻¹ y 3335cm⁻¹, el tratamiento de blanqueo con hipoclorito de sodio sobre la tela de algodón resulta mayor valor desde punto de vista del efecto de blanqueo con respecto al resultado de colorimetría que resulta el mayor valor de luminosidad. No obstante, es probable que aunque resulte más blanca, pueda provocar más degradación a la estructura química de la fibra de algodón.

A continuación del hipoclorito de sodio, el sistema natural de ceniza de paja de arroz con agua destilada presenta más vibración del grupo hidroxilo (-OH) con respecto a la muestra PH15 de peróxido de hidrógeno según figura11.

El tratamiento de blanqueo mediante sistema natural elimina las impurezas naturales que contenía la fibra de algodón 100% cruda en comparación con el caso de peróxido de hidrógeno aunque es un pequeño incremento diferencial. Sin embargo, desde punto de vista de cromática y luminosidad, peróxido de hidrogeno muestra más valor con respecto al sistema natural.



- ES** **Algodón Lavado**
- HS** **Algodón Lavado y blanqueado con NaClO, 15min y 70°C**
- PH5** **Algodón Lavado y blanqueado con H₂O₂, pH 10a11, 15min**
- CE6** **Algodón Lavado y blanqueado con Ceniza y H₂O, pH 10, 6horas, T 100°C**

Figura 11. Cuatro comparaciones de espectros IR de las muestras HS,PH5,CE6 y ES.

7. Conclusiones

7. Conclusiones

En la presente investigación, se experimentó el efecto de blanqueo sobre la tela de algodón 100% crudo sin blanquear mediante diferentes sistemas de blanqueos. El sistema natural (ceniza de paja de arroz y agua destilada) y sistemas químicos (Peróxido de hidrógeno H_2O_2 y hipoclorito de sodio $NaClO$). Los sistemas de blanqueo experimentados son oxidativos exceptuando el sistema natural, del cual no se encontró la documentación pertinente para clasificarlo en un tipo de blanqueo. Posteriormente, se compararon ambos sistemas con instrumentación científica como la colorimetría, a fin de observar el efecto visual y el FTIR para observar el cambio de estructura química que compone la fibra de algodón antes y después del tratamiento de blanqueo. A continuación se exponen las conclusiones obtenidas:

En primer lugar, en caso del sistema natural (ceniza de paja de arroz con agua destilada), el mayor valor del tiempo, el pH y la temperatura dieron lugar a mayor concentración de los grupos hidroxilos (-OH) sobre la tela de algodón después del tratamiento, según los datos obtenidos gracias a FTIR. De este modo, el sistema natural es de blanqueo oxidativo respecto al incremento de los grupos hidroxilos (-OH) que contiene la fibra de algodón después del tratamiento. Especialmente, la muestra CE6, que fue tratada en las condiciones del pH rango de 10 a 11, por 6 horas, a unas temperaturas 90-100 hirviendo la muestra de algodón. Posteriormente se dejó secar al sol durante media hora. El resultado muestra mayor vibración de los grupos hidroxilos (-OH) con respecto a otras muestras CE1, CE2, CE3 y la muestra estándar ES. Se supone que la solución fabricada por ceniza de paja de arroz con agua destilada eliminó las impurezas naturales que contenía la tela de algodón crudo 100% según el resultado de FTIR. Sin embargo, desde el punto de vista de efecto visual de blanqueo, aunque es un incremento pequeño (-1,5 en SCI y -1,3 en SCE) con respecto a la muestra estándar ES (sin blanquear), este sistema natural resultó la degradación de blancura. Es considerable que el color propio marrón rojizo de la solución dañó cromáticamente a la fibra de algodón mostrando un tono cálido en comparación con las muestras tratadas por peróxido de hidrógeno e hipoclorito de sodio que muestran tonos fríos. Según la variación del color total ΔE^* , esto no es perceptible por los ojos humanos.

A continuación, las muestras de algodón blanqueadas por peróxido de hidrógeno obtuvieron más luminosidad según los datos conseguidos mediante colorimetría. Así mismo, se observa que los grupos hidroxilos (-OH) aumentan en las fibras de algodón después del tratamiento gracias a la medición de FTIR.

En caso del hipoclorito de sodio resultó mayor incremento de la luminosidad y concentración de los grupos hidroxilos (-OH) dentro de los sistemas de blanqueos experimentados en el presente trabajo. Aunque el hipoclorito de sodio dio como resultado la mayor valoración de todos, es

notable que el efecto de blanqueo mediante este puede ser demasiado agresivo, provocando daños a la fibra de algodón de los tejidos históricos.

En resumen, desde el punto de vista de efecto visual de blanqueamiento, es decir, el valor de grado de blancura, la solución elaborada por ceniza de paja de arroz con agua destilada imitada según la fórmula tradicional de Corea del sur, no resultó de un grado de blancura deseado sin el posterior peróxido de hidrógeno y hipoclorito de sodio que blanquearon posteriormente la tela de algodón. Esta solución puede utilizarse para eliminar las impurezas naturales como grasa, cera y proteína, etc. que contiene la fibra de algodón según la presente investigación. En cuanto a utilizar la solución con el fin de lavar o blanquear la tela de algodón hay que tener en cuenta el problema cromático que pueda provocar la misma. No obstante, el sistema natural es válido por ser un método tradicional que hay que preservar e investigar sobre el mismo a fin de solucionar el problema de cambios cromáticos que produjo sobre la tela de algodón en esta investigación. Asimismo sería interesante y útil estudiar e investigar el control del pH.

Hoy en día, se encuentran muchos resultados de investigaciones realizadas sobre el uso de peróxido de hidrógeno y hipoclorito de sodio como un agente de blanqueo químico. No obstante, será interesante y valioso investigar más sobre el método natural y tradicional de los materiales utilizados a fin de blanquear y lavar los textiles como la solución elaborada por ceniza con agua.

8. Bibliografía

8. Bibliografía

- [1] Villarquide, Ana. "Alteraciones del soporte" Restauración. En: Restauración e conservación de pintura sobre tela. Alteraciones, materiales e tratamientos. Arte y restauración. 2005. pp. 48. ISBN 84 89569 50 9
- [2] BEECHER, E. R. La conservación de los tejidos 1969
- [3] Nombre vulgar preferido en castellano, en *Árboles: guía de campo*; Johnson, Owen y More, David; traductor: Pijoan Rotger, Manuel, ed. Omega, 2006. ISBN 13: 978 84 282 1400 1. Versión en español de la *Collins Tree Guide*.
- [4] LEE, Seungchul, *Papermaking*, 2001, 89-85846-75-2 03630
- [5] <http://es.wikipedia.org/wiki/Gossypium>. 11 de mayo de 2011
- [6] <http://enciclopedia.us.es/indexd.php/algod%C3%B3n>. 11 de mayo de 2011
- [7] TÍMAR-BALÁZSY, Ágnes y EASTOP, Dinah. "Cellulose fibres". En: Chemical principles of textile conservation. Ed. Butterworth-Heineman series in conservation and museology. 1998. pp. ISBN 0 7506 2620 8
- [8] TÍMAR-BALÁZSY, Ágnes y EASTOP, Dinah. "Fibers". En: Chemical principles of textile conservation. Ed. Butterworth-Heineman series in conservation and museology. 1998. pp. 33 ISBN 0 7506 2620 8
- [9] <http://es.wikipedia.org/wiki/Celulosa>, 11 de mayo de 2011
- [10] A cura di Ciovanna C. Sciolone. Dipinti su tela Metodologie d'indagine per i supporti cellulosici. 1995
- [11] TÍMAR-BALÁZSY, Ágnes y EASTOP, Dinah. "Cleaning by chemical reactions". En: Chemical principles of textile conservation. Ed. Butterworth-Heineman series in conservation and museology. 1998. pp. Change 225 ISBN 0 7506 2620 8
- [12] TÍMAR-BALÁZSY, Ágnes y EASTOP, Dinah. "Cleaning by chemical reactions". En: Chemical principles of textile conservation. Ed. Butterworth-Heineman series in conservation and museology. 1998. pp. 226 ISBN 0 7506 2620 8
- [13] Lee, Seungchul, *Papermaking*, 2001, ISBN 89 85846 75 2 03630
- [14] TÍMAR-BALÁZSY, Ágnes y EASTOP, Dinah. "Cleaning by chemical reactions". En: Chemical principles of textile conservation. Ed. Butterworth-Heineman series in conservation and museology. 1998. pp. 228 ISBN 0 7506 2620 8
- [15] La dinastía Chosun (1392~1910) fue construido por el rey Sunggye- Lee cooperando con el oficial de nueva generación. El nombre del estado era Chosun cuyo capital era Hanyang (Seúl, ahora el capital de Corea del sur)
- [16] Sra. Lee Binjukak, *Enciclopedia de la vida de mujeres* (閨閣叢書) ,1809 (pasados 9 año después del reinado de Son)

- [17] Villarquide, Ana. Alteraciones del soporte Restauración. En: Restauración e conservación de pintura sobre tea. Alteraciones, materiales e tratamientos. Arte y restauración. 2005. pp. 47. ISBN 84 89569 50 9
- [18] LEE, Seungchul, *Papermaking*, 2001, 89 85846 75 2 03630
- [19] Wain H. The story behind the word. Springfield, IL: Charles C Thomas, 1985:290-291.
- [20] Johnson L. A medical formulary: Based on United States and British pharmacopoeias together with French, German and unofficial preparations. New York: William Wood & Company, 1881:316.
- [21] Bossard E. Angolan medicinal plants used also as piscicides and/ or soap. *Ethnopharmacol* 1993; 40:1-19.
- [22] The World Book Encyclopedia. Detergent and Soap. Reviewed by Proctor and Gamble Company. Chicago: Field Enterprises Educational Corporation, 1973:134e-134f.
- [23] Routh HB, Bhowmik KR, Parish LC, Wittkowski JA. Soaps: From the Phoenicians to the 20th century-a historical review. *Clin Dermatol* 1996; 14:3-6.
- [24] Friedman M, Wolf R. Chemistry of soaps and detergents: Various types of commercial products and their ingredients. *Clin Dermatol* 1996; 14:7-13
- [25] MUN, Sung phil. Manufacturing of Korean traditional handmade paper with reduced fiber damage (I), Inorganic composition of traditional Lye, *Journal of Korea TAPPI*, Vol.31. No.1, Printed in Korea, 1999
- [26] KIM, Hyungjin. OH, Donggun, CHO, Byungmuk. *Application of traditional lye production process for the improvement of features of paper mulberry and its bast fiber*. Department of Forest engineering (Forestry) of Kookmin University and department of Paper engineering of Kangwon University 2007
- [27] TÍMAR-BALÁZSY, Ágnes y EASTOP, Dinah. "Cleaning by chemical reactions". En: Chemical principles of textile conservation. Ed. Butterworth-Heineman series in conservation and museology. 1998. pp. 230 ISBN 0 7506 2620 8
- [28] BURGESS, H.D. and HANLAN, J.F., "Degradation of cellulose in conservation bleaching treatments", *J.I.C-Canadian Group*, 4(1980), 15-21
- [29] TÍMAR-BALÁZSY, Ágnes y EASTOP, Dinah. "Cleaning by chemical reactions". En: Chemical principles of textile conservation. Ed. Butterworth-Heineman series in conservation and museology. 1998. pp. 231 ISBN 0 7506 2620 8
- [30] TÍMAR-BALÁZSY, Ágnes y EASTOP, Dinah. "Cleaning by chemical reactions". En: Chemical principles of textile conservation. Ed. Butterworth-Heineman series in conservation and museology. 1998. pp. 228 ISBN 0 7506 2620 8
- [31] IRIZAR, Irene Amilleta. *Aproximación al estudio del comportamiento de tejido de algodón tratado con sistema de blanqueo*. Valencia. 2011. Presentada en la universidad politécnica de Valencia para obtención del máster de conservación y restauración de bienes culturales.
- [32] Lee, Seungchul. Chapter1. The story of paper. In: *Papermaking*, 2001, pp 27. ISBN 89 85846 75 2 03630

- [33] Kim, Hyungjin. Oh, Donggun, Cho, Byungmuk. *Application of traditional lye production process for the improvement of features of paper mulberry and its bast fiber*. Department of Forest engineering (Forestry) of Kookmin University and department of Paper engineering of Kangwon University, 2007.
- [34] IRIZAR, Irene Amilleta. *Aproximación al estudio del comportamiento de tejido de algodón tratado con sistema de blanqueo*. Valencia. 2011. Presentada en la universidad politécnica de Valencia para obtención del master de conservación y restauración de bienes culturales.
- [35] LANDI, SHEILA. *The textile conservator's manual*, 1987
- [36] IRIZAR, Irene Amilleta. *Aproximación al estudio del comportamiento de tejido de algodón tratado con sistema de blanqueo*. Valencia. 2011. Presentada en la universidad politécnica de Valencia para obtención del máster de conservación y restauración de bienes culturales.
- [37] SAN MARTÍN ARMIJO, Andrea. *El uso de la pintura a cal: Ventajas e inconvenientes de su aplicación sobre morteros tradicionales*. Valencia. 2011. Presentada en la universidad politécnica de Valencia para obtención del máster de conservación y restauración de bienes culturales.
- [38] Robinson, James W.; Skelly Frame, Eileen.; Frame II, George M. " Chapter4. IR Spectroscopy " En: *Undergraduate instrumental analysis*. 6th edition. New York: Marcel Dekker, 2005. ISBN 0-8247-5359-3
- [39] F.J. Stevenson, *Humus Chemistry*, Wiley, New York, 1982.
- [40] I. Kogel-Knabner, in: J.-M. Bollag, G. Stotzky Eds. , *Soil Biochemistry*, Vol. 8, Marcel Dekker, New York, 1993, p.101.

9. Anexo

8. Anexo I : Los datos obtenidos en SCI y SCE mediante colorimetría

SCI	L*	a*	b*	SCE	L*	a*	b*
ES	89,1159	0,6725	7,8229	ES	89,1561	0,723	7,606
ES	88,7352	0,7424	8,3912	ES	88,7743	0,7993	8,1744
ES	89,0515	0,7048	7,6041	ES	89,1163	0,7609	7,3727
CE1	88,337	1,0384	8,9587	CE1	88,3931	1,0885	8,7441
CE1	88,6069	0,9336	8,3312	CE1	88,6693	0,9821	8,1145
CE1	88,5243	1,038	8,2817	CE1	88,6179	1,0936	8,0534
CE2	87,627	1,2862	9,7116	CE2	87,733	1,3262	9,4834
CE2	88,0759	1,0741	8,9333	CE2	88,1372	1,1243	8,7084
CE2	87,6882	1,3243	9,4968	CE2	87,7557	1,3766	9,2759
CE3	87,9719	1,322	8,457	CE3	88,0479	1,367	8,2073
CE3	87,9034	1,2488	8,226	CE3	87,8831	1,2973	7,9997
CE3	88,606	1,1627	7,8179	CE3	88,6878	1,2129	7,5705
CE6	87,8066	1,2314	7,027	CE6	87,8842	1,2907	6,7646
CE6	88,2188	1,185	7,5968	CE6	88,2855	1,2305	7,3577
CE6	87,4225	1,2839	7,8921	CE6	87,4918	1,3224	7,657
PH5	91,3341	-0,1351	5,1208	PH5	91,3475	-0,0695	4,9157
PH5	92,0153	-0,1684	3,8066	PH5	92,0852	-0,1009	3,5789
PH5	91,7131	-0,1466	4,3055	PH5	91,7719	-0,0796	4,084
PH15	91,7991	-0,3204	5,491	PH15	91,8968	-0,254	5,2672
PH15	91,6337	-0,2157	4,6282	PH15	91,6668	-0,1468	4,4091
PH15	91,5474	-0,2446	5,0169	PH15	91,5826	-0,1762	4,8037
HS	93,9862	0,4456	-2,5082	HS	94,0547	0,5291	-2,7589
HS	93,8051	0,4729	-2,5277	HS	93,8523	0,5549	-2,7751
HS	93,8768	0,3452	-2,1423	HS	93,9084	0,4235	-2,3768

