

MICROSCOPIO Y REACTIVOS SON ESPEJO DEL PAPEL

M. Carme Sistach Anguera

Archivo de la Corona de Aragón

INTRODUCCIÓN

Las características del papel fabricado con tecnología árabe se han citado en trabajos anteriores¹ que han servido para aclarar inicialmente algunos detalles sobre su estructura física, su encolado y su composición fibrosa. También se comentan otros aspectos concretos sobre este tipo de papel, como la destacable marca zz², que está presente en muchos de ellos y otros elementos complementarios relacionados con él, como son los restos de "paja" y de hebras de fibras azules³ en la superficie del papel. Las pautas descritas se basan en los resultados obtenidos de los análisis y de la observación cuidadosa del papel de estas características que se conserva en el archivo de la Corona de Aragón.

Recordemos las características más destacables que corresponden a la descripción física para un papel fabricado con tecnología árabe:

- El papel es grueso, de hasta 0'40 mm o más, de grosor.
- Las marcas del verjurado se distinguen poco, con corondeles separados hasta 4 y 5 cm. Los puntizones son de marca gruesa y unos más marcados que otros. A veces, la combinación de puntizones y corondeles más destacados muestra una estructura de cuadrados o rectángulos que se distingue claramente por transparencia.
- Las hebras de hilo son largas y se aprecian claramente en la misma superficie del papel y por transparencia. Asimismo, se distingue, a veces, los restos de un trozo de trapo con su urdimbre y su trama. Por ello, podemos asegurar que se utilizaban trapos como materia prima para obtener papel.

- La marca //// (ZZ) se encuentra en toda la documentación del Archivo de la Corona de Aragón que está escrita sobre papel de tecnología árabe. Es fácil localizarla en aquellos papeles que se utilizan para la administración del rey y cuya producción se supone preferentemente de la zona de Xàtiva y de Valencia. La marca se localiza, con frecuencia, en la hoja exterior de algunos de sus cuadernillos. También aparece en procesos y otros papeles individuales como las cartas reales. Esta marca ocupa la zona cercana al cosido del cuadernillo y se extiende paralela a él. Su amplitud y forma varía desde 2 a 4 y 5 cm y puede apreciarse el relieve de su hendidura en el papel.
- La superficie del papel tiene, con frecuencia, alguna hebra de hilo azul y numerosos restos de "paja" que se mantienen adheridos con la cola, pero ambas cosas no son exclusivas de los papeles de tecnología árabe.
- Algunos papeles usados para documentos especiales están coloreados, lo cual es típico de la producción árabe.
- La filigrana no existe en el papel de tecnología árabe.

REACTIVOS UTILIZADOS PARA ANALIZAR EL PAPEL

Para comprobar algunas de las características citadas anteriormente se han utilizado reactivos relacionados con el control de producción para la industria papelera. Algunos de estos reactivos son de uso general y tienen fácil aplicación porque precisan poca cantidad de muestra, como es el caso del reactivo de Herzberg, de Lofton Merrit, la

floroglucina⁴ y la cianina⁵. Todos tiñen las fibras y su coloración permite interpretar algunas características sobre el proceso de producción del papel y su composición. Además, la tinción destaca y permite distinguir la forma y la estructura de estas fibras.

Reactivo de Herzberg

Este reactivo sirve para colorear las fibras de lino y de cáñamo de rojo vinoso, lo cual identifica un origen no maderero y su estructura morfológica. También pone de relieve la presencia de almidón.

La aplicación de este reactivo a muestras de papel de tecnología árabe demuestra que sus fibras son básicamente de lino y de cáñamo. Ambas son parecidas en estructura y aunque la descripción para ambas distingue que el canal interior es mayor para las de cáñamo y que la distribución de las líneas transversales (como una X) es más uniforme para el lino que para el cáñamo, en realidad, estos matices se aprecian para algunas de sus fibras, pero la exclusividad sobre una materia u otra no es concluyente ya que la morfología de estos dos tipos de fibras depende del origen de la zona de la planta. En realidad, se encuentran fibras que cumplen claramente las características del lino y otras que coinciden con la descripción del cáñamo. Asimismo, la cualidad que las fibras de cáñamo pueden fibrillar más fácilmente que las de lino y que también están más lignificadas, afectan poco al matiz de su tinción.

Otra aplicación importante del reactivo de Herzberg se basa en su capacidad para colorear de azul el almidón (Fig. 1). La identificación del encolado de almidón en el papel de tecnología árabe es una característica determinante y muy fácil de apreciar con el microscopio porque los márgenes de las fibras que están impregnadas de la cola de almidón adquieren rápidamente el color azul característico.

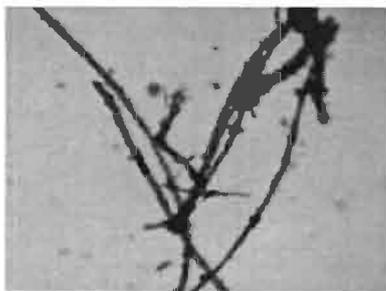


Figura 1. Fibras con almidón, teñidas con el reactivo de Herzberg.

La fibra individual de la planta de lino puede medir de 10 a 55 mm y las de cáñamo de 5 a 55 mm. Las fibras largas analizadas en estos papeles tienen una longitud máxima media de unos 2 mm y por supuesto aparecen muchas otras de menor dimensión. Sin embargo, las más largas son abundantes y poseen unos márgenes muy poco fibri-

lados. La longitud actual de una fibra depende del tratamiento aplicado a la materia prima en el momento de hacer la hoja, pero también depende de la degradación que hayan podido provocar en ella algunos agentes oxidantes y ácidos como las tintas ferrogálicas y también la humedad. Normalmente, los documentos de esta época no tienen grandes problemas de corrosión por tintas y aquellos que hemos utilizado para este estudio estaban en buen estado.

Reactivo de Lofton-Merrit

Este reactivo se usa en la industria papelera para identificar tipos de pastas de madera a partir de la coloración que adquieren sus fibras. La reacción de tinción depende de la cantidad de lignina que retienen y su gama de coloración va desde el azul intenso para las más lignificadas, pasando por el violeta oscuro, azul pálido o verde, el fucsia, el rosa pálido o incoloras para las no lignificadas.

La aplicación de este reactivo a papel con características de tecnología árabe, en teoría, dejará las fibras incoloras, ya que el lino y el cáñamo son naturales y no madereras, pero en realidad, el origen de la fibra, con la estopa correspondiente, provoca que algunas de ellas reten gan parte de su lignina y por lo tanto descubrimos que simultáneamente a muchas incoloras aparecen otras, generalmente cortas, de color azul intenso. Del mismo modo, algunas fibras largas retienen zonas alternas de color azul pálido con incoloras. La frecuencia y la proporción de estas fibras azules de corta longitud nos informa sobre la abundancia de materia prima poco elaborada (que aun retiene la lignina de su estopa) en las fibras y en los trapos de lino y de cáñamo utilizados para hacer este papel. Muchas de las fibras que parecen incoloras retienen un ligero color rosa pálido y alguna que otra tiene un color fucsia (Fig. 2).



Figura 2. Fibras teñidas con el reactivo Lofton-Merrit de un papel con filigrana.



Figura 3. Estructura de la "paja", teñida con reactivo Lofton-Merrit.

En la composición fibrosa relacionada con este tipo de papel encontramos una gran mayoría de fibras incoloras o ligeramente rosadas, pero algunas, generalmente muy cortas, están coloreadas de azul intenso (2% -10%, como máximo). Simultáneamente, puede aparecer alguna fibra de color azul cielo o de color rosa fucsia.

Los restos de "paja" que vemos en la superficie del papel se tiñen también de color azul intenso con el reacti-

vo de Lofton-Merrit ya que en realidad corresponden a restos que retienen gran cantidad de lignina. Esta coloración permite distinguirlos e identificarlos y comprobamos que corresponden a restos del tallo de cereales como el trigo y el arroz, pero también que provienen de restos de la estopa de lino y de cáñamo (Fig.3).

Para explicar la presencia de restos de fibra con abundante lignina debemos recordar el proceso de obtención de fibras para la producción textil. La obtención de la hilaza se consigue por fermentación con agua del tallo del lino y del cáñamo para separar la zona de los haces liberianos (donde están las fibras) de la epidermis y de la zona leñosa. Este proceso dura varios días y de su eficacia depende que la hilaza retenga más o menos lignina. La parte del lino o cáñamo más basta y gruesa y de menor longitud que se desprende con la hilaza se llama estopa. El hilo y los trapos fabricados con hilaza tienen restos de esta estopa y en ella permanece la lignina. Ésta está poco alterada porque el tratamiento que se ha aplicado es poco agresivo. Así, los restos de fibras con lignina se tiñen de color azul intenso con el reactivo de Lofton-Merrit, pero son poco abundantes en comparación con las incoloras.

El análisis comparativo entre fibras de estopa actuales y restos de "paja" encontrados en la superficie de papeles de finales del siglo XIII hasta la mitad del siglo XIV, nos indica que su estructura es parecida. La fabricación de papel con estos restos de hilaza y de estopa, junto con los trapos, explica la sensibilidad de estas fibras al reactivo de Lofton-Merrit. Los trapos de menor calidad fabricados a partir de esta hilaza con restos de estopa pueden ser también la materia prima utilizada para hacer papel. La mayoría de las fibras no se tiñen o solo toman una ligera coloración rosada, pero existe una pequeña cantidad de ellas, que son de pequeño tamaño, porque provienen del rastrillado y de la separación de la cañamiza (parte leñosa del tallo de la planta), que retienen su lignina.

Reactivo de floroglucina

La aplicación de este reactivo a muestras de papel de tecnología árabe sirve para determinar también la presencia de lignina en las fibras. Las no madereras toman una coloración amarilla que no permite apreciar bien su estructura, y la lignina las colorea de rojo carmín o magenta. A medida que ésta disminuye, su coloración es menos intensa y pasa a ser más rosada. Sin embargo, el matiz de color es menos diferenciado y a pesar de que en la industria papelera la floroglucina es muy utilizada para indicar la composición de pasta mecánica y semiquímica de un papel porque la coloración rojiza destaca claramente respecto al resto de las fibras, para matizar la cantidad de lignina en ellas la escala de color varía de rojo magenta (más lignina) a rosa (menos lignina) y es menos determinante que para el reactivo de Lofton Merrit, por lo que preferiremos este último para un ensayo

rutinario, y la aplicación de floroglucina la dejaremos para completar el análisis si es necesario.

Reactivo de cianina

El reactivo de cianina colorea también las fibras de diferente color en función de la lignina que contienen. Así, el algodón, el lino y el cáñamo que son fibras no madereras permanecen sin color. Aquellas que tienen suficiente lignina toman un color azul o azul-verdoso, tanto más azul cuanto más lignina hay. Su eficacia es parecida a la del reactivo de Lofton-Merrit, sin embargo, la forma de aplicación del reactivo de cianina precisa de dos etapas: la tinción de las fibras con el reactivo con una temperatura de 80°C y su lavado posterior con la solución formada por agua, alcohol y glicerina. La manipulación y la preparación de las fibras en el porta, para teñirlas con este reactivo, es más laboriosa que si se usa el de Lofton-Merrit, lo cual decanta nuestra preferencia hacia este último para un primer análisis. Si se precisa confirmar o matizar el resultado obtenido será conveniente utilizar también la cianina.

DOCUMENTOS ANALIZADOS

El objetivo de este estudio es mostrar un análisis comparativo entre la composición fibrosa de algunos documentos de características árabes y otros, posteriores a 1350, con características de papel verjurado, con filigrana, que son propias del papel fabricado en el norte de Italia en esta misma época. Para ello aprovecharemos la eficacia del reactivo de Lofton-Merrit sobre la tinción de la lignina y la del reactivo de Herzberg sobre el almidón. Además, podremos distinguir las características morfológicas de sus fibras.

Registro de Cancillería, número 309

Recordemos que en una comunicación anterior⁶, se describe el registro 309 de Cancillería (privilegios de los Templarios). El volumen no tiene fecha concreta, pero seguramente es anterior a la orden de encarcelamiento para sus miembros, ordenada por el rey Jaime II en 1305. Siete años más tarde, se disuelve la orden de los Templarios. El volumen está formado por dos grupos de hojas de diferente tamaño y apariencia: un primer grupo de hojas va desde la página 1 a la 47 (Fig.4) y un segundo grupo empieza en la 48 hasta la 63. Probablemente, cada grupo de hojas era independiente uno de otro inicialmente, pero con la encuademación de los registros de cancillería realizada por Próspero de Bofarull (1819), se recogerían en un mismo volumen, por la sencilla razón de que trataban sobre un mismo tema. En ese artículo comentábamos las diferencias entre los dos grupos de hojas, pero que tenían en común el

encolado de almidón y unas características globales acordes con la tecnología de producción árabe.



Figura 4. Página del registro de Cancillería 309, con hebras de hilo y "paja".

Análisis del papel: El análisis se lleva a cabo aplicando a las muestras de fibras y de "paja" los reactivos de Herzberg y de Lofton-Merrit.

Es preciso considerar la utilidad de cada reactivo para conseguir la información deseada. Si interesa identificar la cola de almidón debemos humedecer ligeramente la muestra con una gota de agua en el mismo porta de cristal que usaremos para el microscopio y separar luego las fibras para poder apreciar su morfología con los restos de almidón en sus márgenes. Si hervimos la muestra con poca agua en un tubo de ensayo, el almidón se disuelve rápidamente y el reactivo desaparecerá de los márgenes de la fibra.

Resultado para el reactivo de Herzberg

Ambos grupos de papel muestran fibras de características similares entre sí y coherentes con la estructura del lino y del cáñamo. Las fibras son largas, como corresponde a papeles de tecnología árabe, con los márgenes enteros y poco trabajados. Su longitud es ligeramente mayor en las del segundo bloque, pero ambos grupos tienen la medida correcta para este tipo de papel. La cola es de almidón para ambas muestras. Las fibras con restos de lignina se colorean de amarillo, pero este color no destaca su estructura morfológica.

Resultado para el reactivo Lofton-Merrit

Este reactivo se aplica a las fibras y a los restos de "paja".

Las fibras de los dos grupos de hojas dan resultados parecidos. La gran mayoría de ellas son incoloras o de color rosa muy pálido, aunque alguna adquiere un color rosa algo más intenso. En estas fibras algo más coloreadas podemos distinguir la estructura de su característico canal interior que identifica al lino y al cáñamo. Simultáneamente, aparecen restos de fibras muy cortas de color azul intenso, lo cual nos hace pensar en restos de la hilaza al trabajar la estopa de lino. A veces, dentro de una misma fibra larga, se ven tramos de color azul claro que alternan con otros incoloros. Casi no se encuentran fibras de color fucsia.

Los restos de "paja" son similares para ambos grupos y se identifican como restos de la hilaza de lino o de cáñamo que retienen lignina y que acompañan al hilo o a los trapos utilizados para hacer este papel. Se distinguen los márgenes de las fibras apelmazadas en estos restos lignificados y también restos de miembros de vaso cilíndricos y anillados.

El resultado del análisis nos indica que el papel utilizado para escribir estos dos grupos de hojas que forman parte del volumen son de tecnología árabe: La fibra es larga y poco trabajada con márgenes poco fibrilados y con encolado de almidón. Una explicación para el hecho que las fibras son ligeramente más cortas en el primer grupo de hojas que en el segundo, la tenemos si consideramos que provienen de un molino papelerero diferente. Los restos de paja proceden de la estopa de la hilaza del lino y de cáñamo.

Volúmenes del fondo de Maestre Racional de la sección de Real Patrimonio: libros de tesorería y albaranes

Escogemos esta sección porque posee documentación sobre papel que se inicia en fechas muy tempranas: antes de 1300 para la sección de tesorería y entre 1306 y 1308 para el primer volumen de albaranes. La continuidad cronológica de la documentación escrita sobre papel nos ayudará a establecer alguna correlación entre las cualidades identificadas y la evolución de su fabricación.

El primer volumen de tesorería es el número 262. Está escrito sobre papel de características árabes, y los siguientes números hasta el 328 y 328 (a) también. El volumen 329 de 1350, es el primero en el que el papel posee filigrana. Escogemos otros volúmenes de tecnología árabe, como el número 320 de 1343, y otros con filigrana como el 359 de 1370.

Para los libros de albaranes aplicamos un criterio similar, ya que escogemos el primero (número 622 de 1306-1308) y el último (número 639 de 1344-1347) escrito sobre papel de tecnología árabe. Analizamos también uno de los primeros con filigrana como el número 642 de 1354-1357 y el número 653 de 1387-1389.

Resultados del análisis

Utilizamos los reactivos de Herzberg y de Lofton-Merrit y analizamos muestras de papel con restos de "paja".

Los libros de albaranes y de tesorería escritos en papel de tecnología árabe tienen su composición fibrosa similar a la del registro 309 de Cancillería: fibras muy largas y con márgenes poco fibrilados. Con el reactivo de Lofton-Merrit muchas permanecen incoloras o con un ligero color rosa, y con ellas hay algunos trozos cortos de fibras con color azul intenso. La "paja" presenta miembros de vaso anillados y cilíndricos de color azul, así como algunos restos de fibras con canal interior en su estructura (las fibras de lino y de cáñamo), lo cual nos orienta sobre su procedencia. La coloración azul nos dice que retiene abundante lignina y

que, por lo tanto, proviene de los restos de la hilaza de la estopa de la planta utilizada para tejer los trapos.

Los volúmenes escritos en papel con filigrana tienen las fibras menos largas y además, su proporción de fibras muy cortas es mayor que en el papel de tecnología árabe. También están más trabajadas y sus márgenes están bastante más fibrilados y abiertos sus extremos. Con el reactivo para la lignina descubrimos que, a pesar de que bastantes permanecen incoloras, o son de color rosa pálido, muchas de ellas se tiñen claramente de rosa, y que de éstas, un 30 %, aproximadamente, pueden tener un color fucsia intenso. También observamos algunas fibras azules como en el papel de tecnología árabe. La "paja" se tiñe de azul y su morfología coincide también con la de la hilaza de la estopa de lino y de cáñamo, con miembros anillados y cilíndricos, de aspecto similar a los observados en el papel de tecnología árabe.

Los datos obtenidos demuestran que el proceso de preparación de la materia prima para el papel de tecnología árabe es diferente del que se aplicó a los primeros papeles con filigrana que se usaron para la administración del rey de la Corona de Aragón. Suponemos que inicialmente, el papel con filigrana provenía del norte de Italia, aunque probablemente, al poco tiempo, las zonas con tradición papelera de la Corona de Aragón adaptarían su producción de papel a la nueva manera italiana. Un incremento del número de fibras que se tiñen de rosa y de fucsia nos indica que éstas retienen más lignina que las de un papel de tecnología árabe. Este incremento de coloración se debería a que la materia prima tenía más proporción de restos de hilaza, pero que al ser de color fucsia y no azul, significa que retienen menos lignina en su interior. Quizá utilizaban una parte de la planta con una proporción de lignina intermedia respecto a la característica para los restos de estopa. Este tipo de materia, inicialmente más burda, se trabajaba más agresivamente para facilitar la separación de las fibras y como consecuencia, este tratamiento más agresivo tiene repercusión en su estructura. Por eso, apreciamos que sus fibras son considerablemente más cortas y que tienen mayor fibrilación. Un trabajado más agresivo lo confirma también el hecho que no encontramos hebras de hilo largas, ni restos de trozos de trazo, como ocurre con el papel de tecnología árabe. Es destacable que los restos de paja continúan apareciendo en la superficie del papel con filigrana y por eso los atribuimos preferentemente a parte de la hilaza, ya que la paja de trigo o de arroz no se justifica cuando se abandona el encolado de almidón por la gelatina para encolar el papel con filigrana.

ANÁLISIS DE LAS HEBRAS DE HILO DE COLOR AZUL

Se han analizado algunas de las fibras de color azul que proceden de las largas hebras con este color que se distinguen fácilmente en la superficie de las hojas de papel. Estas hebras de color azul aparecen tanto en el papel de

tecnología árabe, como en los primeros papeles que tienen filigrana (Fig.5). Para ello se ha utilizado la técnica de espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FTIR)⁷: Una o varias de las fibras teñidas se separan de la hebra de hilo y con ayuda del microscopio acoplado a la radiación infrarroja, se analiza. En el espectro que se obtiene se identifican las bandas del índigo que coinciden con las del índigo patrón. (Fig.6).

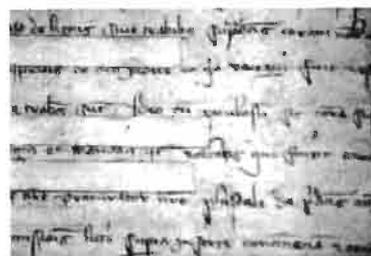


Figura 5. Hebra de hilo azul en un papel de tecnología árabe.

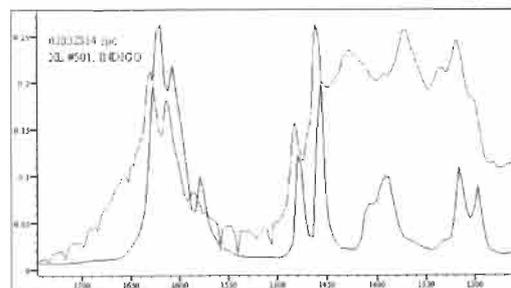


Figura 6. Espectro IR del índigo

- Índigo en la fibra azul
- Índigo patrón

En algunas de las fibras azules se aprecia una dilatación en la zona de las líneas transversales del lino o del cáñamo. Seguramente, como consecuencia del tratamiento alcalino que es necesario para teñir la hebra de hilo con índigo. En ella se distinguen zonas sin teñir que se corresponden con la torsión de la hebra. El índigo es un colorante utilizado desde muy antiguo para teñir tejidos. La permanencia de estos restos de hebras azules en el conjunto del papel concuerda con el hecho que la materia prima se trabajaba poco, pero no sabemos si su aparición es accidental o que también se usaban restos de hilo azul para hacer papel, aunque en este caso, se aplicaría algún tratamiento al hilo para eliminar el color, pero que no sería del todo eficaz ya que quedan algunos sin desteñir.

Completamos el estudio del registro 309 de Cancillería de papel de tecnología árabe y observamos que tiene hebras de hilo azul en las páginas 32 (1^{er} grupo de hojas) y en la 53 y 58 (2^o grupo). Estructuralmente y en

coloración coinciden con otras que han sido analizadas con espectroscopia infrarroja y en las que hemos identificado el índigo. Estos hilos azules, que destacan en el papel, también aparecen en papeles con filigrana, ya que recordamos haberlas visto en algunas hojas de los registros de cancillería que tienen filigrana y cuya fecha es posteriores a 1350, como el nº 1811 del año 1375 y el nº 1758 de 1365, entre otros. Documentación de otras series del Archivo, como los procesos de Cancillería, anteriores a 1350, escritos sobre papel de tecnología árabe, también tiene hebras de color azul en su superficie con relativa frecuencia.

CONCLUSIONES

Al aplicar los reactivos de Herzberg y de Lofton-Meritt a papeles antiguos obtenemos información sobre su composición y proceso de fabricación: La coloración y la estructura de las fibras corrobora las diferencias visibles entre el papel de tecnología árabe y el que tiene filigrana que empezó a usarse hacia 1350 para documentos de la administración del rey de la Corona de Aragón.

Estos reactivos son útiles para analizar documentos ya que solo son necesarias algunas fibras para obtener la información (una hebra de hilo está formada por muchas fibras). Será conveniente aplicar el análisis por triplicado a documentos o volúmenes determinados, ya que al ser la muestra tan pequeña conviene que sea representativa del conjunto de papel.

Los restos de paja y de hebras de hilo de color azul son comunes al papel de tecnología árabe y al primer papel con filigrana que se usa en la administración del rey de la Corona de Aragón.

Los resultados indican una variación de la proporción de lignina en las fibras de papeles sin filigrana respecto a los que sí la tienen.

La espectrometría infrarroja, que precisa poca muestra y que es muy sensible, es útil para analizar algunos colorantes en el interior de la fibra, siempre que las bandas de celulosa no interfieran con las propias del colorante.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los señores Rafael Conde y Jaume Riera, facultativos ambos del Archivo de la Corona de Aragón, sus acertados comentarios sobre la documentación histórica analizada que han orientado el estudio realizado en este trabajo. Asimismo, agradecemos, sinceramente, la colaboración de la Doctora Núria Ferrer, jefe de Departamento de Espectroscopia Molecular de los Servicios Científico-Técnicos de la Universidad de Barcelona donde se han realizado los análisis de espectroscopia infrarroja

NOTAS

¹ *Carmen Sistach. El papel árabe en la Corona de Aragón.* Actas del II Congreso Nacional de Historia del Papel en España. Cuenca, 9-12 julio de 1997. Ed. Diputación de Cuenca, pp 71-78.

² *M. Carme Sistach. Les papiers non filigranés dans les archives de la Couronne d'Aragon du XII^e au XIV^e siècle.* en el volumen Bibliografía 19 dedicado a Le Papier au Moyen Âge: histoire et techniques. Actes du colloque international du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris Institut de France 23, 24 et 25 avril 1998. Brepols., pp 105-118.

³ *M. Carme Sistach. Aportación al estudio del papel sin filigrana en la documentación de la Corona de Aragón.* IV Congreso de Historia del papel en España. Córdoba, 28-30 de Junio 2001, pp 97-105.

⁴ José A. García Hortal. *Constituyentes fibrosos de pastas y papeles.* Ed. Departamento Ingeniería Textil y Papelera de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Terrassa, pp. 151-155.

Preparación del reactivo de Herzberg

- Solución de cloruro de zinc: 40g de ZnCl₂ en 20 ml de agua
- Solución de yodo y yoduro potásico: 0'2 g de yodo y 4'2 g de yoduro potásico disueltos en 10 ml de agua destilada.
- Se vierte la disolución de yodo y yoduro sobre la de cloruro de zinc. Se deja reposar 24 h y se decanta.

Preparación del reactivo de Lofton-Meritt (norma Une 5702)

- Disolución de fucsina al 1% en peso aproximadamente: Se disuelve 1g de fucsina, en pequeñas porciones con 50 ml de agua destilada hirviendo, agitando enérgicamente y se diluye después a 100ml.
- Disolución de verde de malaquita al 2% en peso aproximadamente: Se usa 2 g de verde de malaquita que se disuelven en 50 ml de agua destilada hirviendo, añadiéndolos poco a poco y luego se diluye hasta 100 ml.
- Se mezcla 4'4 ml de la disolución de fucsina, 2'2 ml de la disolución de verde de malaquita y 20 ml de ácido clorhídrico 0'5%.

Preparación del reactivo de floroglucina

- Se disuelve 1 g de floroglucina en una mezcla de 50 ml de alcohol etílico y 50 ml de ácido clorhídrico concentrado. Puede añadirse también 50 ml de agua para rebajar la coloración.

⁵ *J. P Casey. Pulp and Paper Chemistry.* Vol II. Ed: Interside Editors. 1966 (2^a edición), p.1496. Preparación del reactivo de *cianina*

Se prepara una solución saturada de cianina (Sandolan N-6B, cianina brill., Xileno 6B) en agua; a continuación esta solución se diluye con una pequeña cantidad de agua y aproximadamente 1/3 de su volumen en glicerina. Las fibras, teñidas en el porta, han de calentarse (80°C) y luego lavarse con una solución a partes iguales de agua, glicerina y alcohol.

⁶ Ver nota 3.

⁷ Los análisis se han realizado en el departamento de Espectroscopia Molecular de los Servicios Científico-Técnicos de la Universidad de Barcelona, con un equipo Bomen MB 120 con microscopio Spectra Tech acoplado. El rango espectral medido es de 4000 a 720 cm⁻¹ con una resolución de 4 cm⁻¹. La técnica empleada ha sido la de presionar la fibra con una celda de diamante para obtener un grueso suficientemente fino para su análisis por transparencia.