

MICROBIOLOGIA PAPELERA, ALGUNOS ASPECTOS GENERALES

Marino Ayala Campinún

Ingeniero Técnico Papel

marinoayala@gmail.com

RESUMEN: Breve repaso a una situación de permanente riesgo y muy a tener presente en todo momento al trabajar y conservar el papel destinado a ser soporte documental. Se refiere a los graves problemas derivados de la presencia y actividad que los microorganismos desarrollan sobre el sustrato celulósico que conforma la hoja de papel. La microbiología, como en otros muchos aspectos del día a día en procesos naturales e industriales, también está presente y se manifiesta en la hoja papel, tanto durante su fabricación y materias primas utilizadas, como en el uso final para el que va a ser destinado. En el caso que nos ocupa (fabricantes, archiveros, bibliotecarios y restauradores), este aspecto microbiológico está orientado principalmente hacia aquellos soportes celulósicos cuyo destino final va a ser soporte gráfico y de escritura tan presente en los archivos que vienen a conformar buena parte de nuestro amplio patrimonio bibliográfico y documental, que es necesario conservar en su mejor estado durante varios años y siglos. Se señalan algunos aspectos microbiológicos básicos que ayudan a comprender las diferentes variables que favorecen o perjudican el crecimiento y desarrollo de los microorganismos cuando actúan sobre este soporte celulósico que es el papel.

PALABRAS CLAVE: Microbiología, hongos, bacterias, enzimas, microscopio.

ABSTRACT: Brief review to a situation of permanent risk that has to take into account when working as well as preserving the paper in format documentary. It has to see with the serious problems that faces the presence and activity that microorganisms develop over the substratum of cellulose of which is made the paper sheet. Microbiology, like in several aspects of every day within natural and industrial processes, is also present and it is shown on the paper sheet, both in production process and raw materials as well as on the final use whatever it is intended. The subject in question (producers, archivists, librarians, restorers) this microbiological aspect is mainly aimed towards those cellulosic support whose final purpose is going to be a graphic and writing support. These two things are very present in the archives where a great part of our wide bibliographic and documentary heritage has to be preserved in good conditions for years and centuries. Several basic microbiological aspects are pointed out so to allow to understand the different variables which could benefit or damage the growth and development of the microorganisms when they act over the cellulosic support which is the paper.

KEYWORDS: Microbiology, fungi, bacteria, enzymes, microscope.

INTRODUCCION: MICROORGANISMOS Y MICROBIOLOGIA

Son numerosos los factores que intervienen en la degradación de los papeles que conforman el soporte documental (manuscritos, obras, libros, fotografías) presentes en los archivos, museos y bibliotecas; por tanto, se hace necesario conservar correctamente dicho patrimonio bibliográfico y documental. De forma general, estos variados factores podemos clasificar como: 1- los achacables al propio papel (composición, aditivos, calidad) 2- los factores ambientales (humedad, polvo, contaminación atmosférica) 3- los factores climáticos (temperatura, luz) 4- los factores biológicos (microorganismos, insectos, roedores) 5- los factores provocados por el propio hombre (manipulación, robos, traslados, guerras, vandalismo, carencia de conservación preventiva) 6- otros varios (fuego, cortocircuitos, seguridad). Vemos que los microorganismos conforman uno más de los varios factores degradantes de los papeles y por tanto, es conveniente conocer aquellas variables y parámetros que facilitan-perjudican su crecimiento y desarrollo.

Los microorganismos están muy presentes en numerosos ámbitos nuestras vidas y de muy variadas formas; en unas ocasiones en sentido beneficioso y en otras de forma muy perjudicial. Ellos están presentes e intervienen directamente en la industria, en las enfermedades, en la alimentación, en las aguas que utilizamos, en la elaboración de bebidas (vino, vinagre, cerveza), en farmacia (medicamentos), en el aire que respiramos, en las fermentaciones, en la corrosión, etc. En nuestro día a día, en ocasiones es frecuente encontrar (frutas, verduras, lácteos, cueros, madera, pinturas y otros variados sustratos), presencia de colonias de hongos que llegan a cubrir el material, a la vez que se llevan a cabo reacciones biológicas que metabolizan y transforman en otras sustancias.

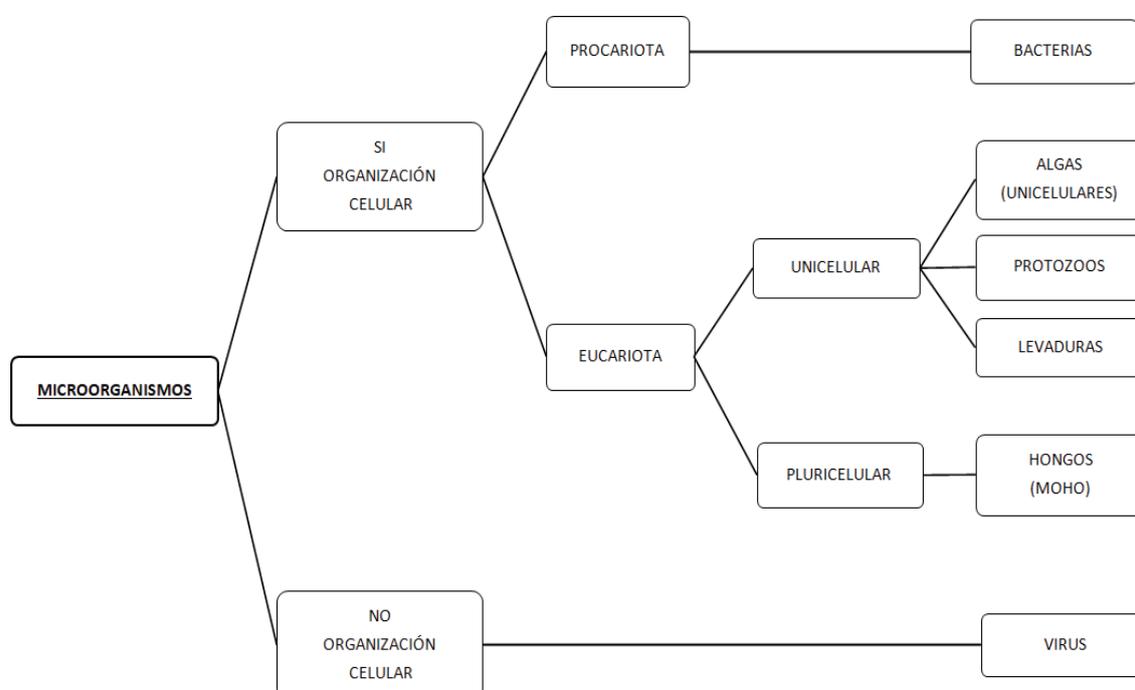


También son numerosos los ataques y agresiones de diversa índole que el papel soporta a lo largo de su periodo de existencia mientras desarrolla las funciones para las cuales ha sido diseñado. Se producen dichos ataques ya desde el mismo proceso de fabricación del papel, pasando por su manipulación, du-

rante su estado de almacenamiento y especialmente en el uso final al que vaya a ser destinado. Son ataques de diferente índole, duración e intensidad, que el papel ha de soportar, pudiendo llegar a generar serios problemas en archivos y bibliotecas durante su conservación, e incluso, a poner en riesgo su contenido. Llegados a esta situación extrema, son los restauradores quienes han de intervenir con mucha profesionalidad, pericia y habilidad para tratar de reponer la situación inicial, o bien, paralizar el progresivo proceso de deterioro.

La microbiología (del griego: micros > pequeño, bios > vida, logos > ciencia) es la ciencia que nos acerca al estudio, conocimiento y análisis de los microorganismos, es decir, de los pequeños organismos vivos, también conocidos como microbios. Estos no son visibles al ojo humano por lo que se precisa del microscopio para su visualización y estudio. Tradicionalmente se han considerado como microorganismos los hongos-levaduras, las bacterias, las algas y los virus.

En la tabla siguiente se hace una clasificación general y esquematizada de los diferentes microorganismos:



Por último, reseñar que las fibras con las que se elabora el papel, conforman el denominado tejido de sostén de las plantas y químicamente son cadenas de celulosa que, curiosamente, es el componente que más abunda en la biomasa vegetal. Como materia orgánica (azúcares) que se trata, presenta propiedades muy aptas para ser atacado y degradado por los microorganismos a lo largo de toda la cadena del proceso (árbol, troncos, astillas, pastas, papelera, fabricación) hasta llegar a conformar el pliego de papel. A partir de este momento comienza otra etapa de uso y aplicación final del papel, en el que pueden continuar los ataques microbiológicos.

LOS MICROORGANISMOS EN PROCESOS DE FABRICACION DEL PAPEL

Los microorganismos están presentes en la industria del papel y la celulosa interviniendo de forma muy decisiva sobre el funcionamiento de la máquina de papel, la producción, la calidad del producto acabado, el grado de cierre de los circuitos de aguas, el rendimiento de maquina (maquinabilidad), y los ciclos de producción de la maquina entre otros.

El medio y las condiciones en que se llevan a cabo los procesos de fabricación de papel son muy propensos para el desarrollo de los microorganismos, cuyas consecuencias se dejan advertir de forma muy negativa y costosa en la operación de la máquina, su rendimiento y la calidad del papel obtenido.



LIMOS MICROBIOLÓGICOS EN CAJA DE ENTRADA.



**COLORACIONES DE ORIGEN MICROBIOLÓGICO
EN PASTA DE EUCALIPTO**

Hay que remontarse hacia mediados del siglo XX cuando las máquinas de papel, cada vez más sofisticadas y rápidas, debían de parar periódicamente la producción para proceder a limpiar los circuitos. Era evidente que a medida que avanzaban las jornadas de producción, el empeoramiento de la máquina (roturas), la calidad del papel (agujeros, pegotes, manchas, coloraciones) y la producción se complicaban de forma alarmante. Ello suponía importantes pérdidas de horas de producción, aumento de las mermas y reducciones de los índices de calidad del papel. Estas cuantiosas pérdidas de calidad y producción procedían de las progresivas acumulaciones y posterior desprendimiento de depósitos en las superficies de los circuitos, los cuales tenían su origen en la actividad y desarrollo microbiológico. La decisión inmediata de los responsables de producción era clara y contundente: paro de máquina, vaciado circuitos, preparación de solución de limpieza (agua limpia con productos químicos), recirculación de la solución de limpieza, vaciado, enjuague con agua limpia, vaciado y llenado con agua fresca para reinicio la producción, arranque de máquina, ajustes, es decir, una operación muy laboriosa con altos consumos de tiempo, agua y personal. A ello añadir la alta carga química contaminante de los residuos generados tras el proceso de limpieza, la cual se ha de procesar en depuradora y acondicionar debidamente antes de proceder a su vertido final. Estas deficiencias provocadas por la presencia de los microorganismos suponían un considerable impacto en la operación de fabricación, la calidad, el balance final y sobre el medio ambiente.

Esta costosa forma de trabajo se llega a establecer como una forma rutinaria para restablecer la maquinabilidad (runnability), hasta que el año 1945 un bioquímico de Memphis - Tennessee, el Dr Stanley J Buckman estudia la situación problemática generalizada que padecen los procesos papeleros y concluye que tiene su origen en la acción microbiológica. Esta necesidad detectada le condujo a diseñar una solución química muy eficaz e innovadora basada en el uso de biocidas en los sistemas de producción. Evidentemente, este acertado diagnóstico y solución al problema basado en el empleo de biocidas específicos, reportaron ahorros cuantiosos de tiempo y dinero en la operación de las máquinas. De este importante y novedoso desarrollo, surge Buckman Laboratories en un viejo edificio de madera en

Menphis, con un reactor de 50 galones y un reducido equipo de operarios. Se desarrolla como empresa especializada en aportar soluciones a los problemas microbiológicos, inicialmente en la industria papelera y posteriormente a otros sectores (aguas, azúcar, cueros, madera, petróleo, pinturas, etc) que padecían problemas microbiológicos similares. Durante largos años “Creatividad para nuestros clientes” ha sido el principio que ha mantenido Buckman Laboratories, junto con el espíritu de resolver problemas mediante la aplicación de biocidas específicos que aportan soluciones creativas a las variadas necesidades y problemas que padece la industria del papel y celulosa a nivel mundial. Este tipo de tratamientos biocidas para el control microbiológico en los sistemas de fabricación de papel, son aplicaciones muy habituales a día de hoy, tanto en los circuitos de fabricación, como en la preservación de las materias primas.



PAPELES CON GRAN PIGMENTACION DERIVADA DE ACCION MICROBIOLÓGICA

Keti Nicolaeva

Ana Isabel Ballesterro

Además de la anterior problemática señalada de formación de depósitos microbiológicos en las máquinas de papel, también se pueden dar otras situaciones muy marcadas e importantes como consecuencia de la actividad y desarrollo microbiológicos en los sistemas papeleros. Las condiciones específicas favorables que existen en los variados sistemas de producción del papel llegan a crear olores característicos de descomposición, también gases tóxicos e incluso gases explosivos de fatales consecuencias en algunos casos.

Otra de las importantes consecuencias de la acción metabólica de los microorganismos durante su desarrollo sobre el sustrato celulósico, es la generación sustancias pigmentadas muy intensas y de variadas tonalidades (gammas de verdes, rosas, amarillos, azuladas, pardo y blancas principalmente), las cuales en muchos casos quedan impregnadas en el papel, afectando de forma muy determinante a su contenido gráfico y al aspecto visual del documento entre otros. Hay ocasiones, que la actividad microbiológica también puede afectar o interferir sobre las tonalidades de las tintas.

Hay que tener en cuenta que en el proceso de fabricación del papel se dan las condiciones idóneas (líquido, temperatura, nutrientes, pH, etc.) para el desarrollo microbiológico. A ello hay que añadir que el medio (acuoso) y numerosos aditivos de proceso (fibras, cargas, almidones, colas, resinas, gomas, etc.)

utilizados, facilitan dicha actividad. Es por ello que se hace preciso disponer de un tratamiento específico de control microbiológico del sistema, de las aguas y de los aditivos, que minimicen al máximo los costosos efectos negativos que provocan cuantiosas pérdidas de producción y calidad.



DOCUMENTO NOTARIAL 1845 DETERIORADO POR ACCION MICROBIOLÓGICA (Ana Isabel Ballesterro)

El papel ya fabricado ha de estar totalmente exento de restos de contaminaciones microbiológicas que pueden ser un foco u origen de posteriores desarrollos microbiológicos durante su posterior uso y conservación. Incluso si las condiciones de uso del papel van a ser muy exigentes, microbiológicamente hablando, se ha de incorporar un tratamiento de preservación, especialmente antifúngica.

MICROORGANISMOS EN PAPEL ACABADO

Una vez ya fabricado el papel, continúan los riesgos de ataques microbiológicos durante el uso final al que va a ser destinado. Las condiciones que va a soportar y las materias primas con las que ha sido elaborado, van a ser determinantes a la hora de prever determinados comportamientos derivados de la presencia de los microorganismos.

Mención especial, caso que nos ocupa, es el papel que va a servir de soporte para escritura, artístico e impresión, los cuales una de las características que ha de disponer es el de ser “permanente”, o de larga duración por muchos años incluso siglos. Todos estos “papeles permanentes” han de soportar muy variadas condiciones en su uso y conservación, que en algunos casos no son adecuadas y en otros están expuestos a condiciones muy desfavorables que propician el desarrollo de los microorganismos.



Por un lado el papel está elaborado con materias muy propensas para ser soporte de actividad microbiológica: materia orgánica celulósica (fibras), almidones, gelatinas, colas, resinas cargas, colorantes, CMC, gomas, etc. Contienen normalmente hidratos de carbono, nutrientes, proteínas, los cuales son fácilmente asimilables por los microorganismos, que en su actividad pueden causar severos problemas en el soporte final, incluso llegando a situaciones fatales e irreversibles, lo cual supone la desaparición total o parcial del papel soporte y por tanto de su contenido.

Por otro lado, ya desde la propia fabricación, el papel puede contener restos microbiológicos en estado de aletargamiento (dígase esporas) que se activan cuando reaparecen las condiciones favorables para su desarrollo. Condiciones específicas de pH, temperatura, humedad, nutrientes, contaminación masa / externa, uso final, etc, favorecen el desarrollo los microorganismos.

Cuando en un papel deficientemente conservado se inicia un proceso de actividad y desarrollo microbiológico, el papel sufre una serie de alteraciones muy perjudiciales que ponen en riesgo su conservación y por tanto el contenido documental. Cuando se dan las condiciones favorables para el desarrollo microbiológico, a partir de cada espора presente comienza la creación de una colonia que va creciendo progresivamente y cubriendo la superficie. Estos microorganismos, en su metabolismo segregan una serie de sustancias (ácidos, enzimas, gases, olores, pigmentos, etc.) que provocan efectos muy variados y perjudiciales para el papel, tales como: degradaciones química y enzimática, olores característicos, coloraciones muy variadas e intensas que interfieren el contenido y aspecto del documento volviéndolo muy frágil.



Ampliando este apartado enzimático señalar que los microorganismos (hongos) en su acción metabólica sobre el sustrato celulósico, segregan entre, otras sustancias, las denominadas enzimas (celulasas), las cuales son causantes de la descomposición de las cadenas de celulosa que por hidrólisis progresivamente pueden llegar a reducirlas a azúcares más simples incluso solubles en agua. Además de las enzimas señaladas, también segregan ácidos orgánicos que causan importantes ataques que degradan la celulosa, debilitan la fibra y provocan serias reducciones de las resistencias en la hoja de papel, e incluso llegando a dejarlo totalmente quebradizo.



La herramienta que el fabricante de papel dispone para asegurar de que un papel no va contaminado microbiológicamente, es aplicar un producto preservativo, antifúngico normalmente, para crear una barrera temporal al ataque o posible contaminación en su uso final. Estos productos de preservación antifúngica normalmente se aplican, bien en la masa fibrosa o bien sobre la superficie, durante el mismo proceso de fabricación del papel. Dichos preservantes han de ser: productos químicamente muy estables, de amplio espectro, no tóxico para el manejo de las personas ni medio ambiente, no proporcionar efectos adversos sobre los usos finales del papel, no interferir con la química del proceso y sobretodo de un costo razonable.

MICROORGANISMOS BENEFICIOSOS

Pero dentro del sector del sector del papel y la celulosa, no todas las acciones que protagonizan los microorganismos son de carácter negativo, tal y como ya estamos acostumbrados a ver en los papeles deteriorados y en los procesos de fabricación. Uno de los numerosos productos derivados de la acción metabólica de los microorganismos sobre determinados sustratos y en condiciones muy específicas, es la generación de las enzimas. Químicamente, las enzimas son proteínas que están generadas a partir de organismos vivos y actúan como catalizadores en las reacciones químicas sobre enlaces muy concretos, lo que permite aumentar la velocidad de la reacción. Dependiendo del sustrato específico sobre el que actúen (celulosa, lignina, almidones, proteínas, etc) se aplicaran enzimas diferentes: xilanasas, celulasas, lacasas, amilasas etc.

Durante estos últimos años se han producido avances muy importantes en la aplicación de la biotecnología en diversos procesos de fabricación de pastas (desfibrado, blanqueo, pitch) y también en la fabricación de papel. En este último caso, fabricación del papel, son muy habituales las modificaciones enzimáticas de los almidones (amilasas), enzimas para destintado de pastas a partir del papel recuperado y también la mejora de la operación del refinado de las pastas mediante la utilización de enzimas hidrolíticas (celulasas) que modifican y activan la superficie de la fibra blanqueada. Mediante la acción del tradicional refino mecánico, combinada con el refino enzimático (biorefinado) se obtienen importantes mejoras, tales como: refinados más selectivos, reducción de energía de refinado y mejores resistencias físico-mecánicas de la hoja entre otras. Se trata por tanto de una tecnología que reduce los elevados costos económicos del

tradicional proceso de refinado mecánico, es limpia, favorece la hidratación de las fibras y sobretodo se trata de una nueva tecnología que es respetuosa con el medio ambiente (Sostenibilidad).



Por último, es importante señalar que uno de los pasos que se daban en el proceso antiguo de elaboración del papel a mano era el denominado “pudridero” en el cual se incorporaban los trapos viejos a un recipiente con agua y en el cual permanecían estancados durante periodos de tiempo de 3 a 6 semanas. En este largo periodo de tiempo se producían enérgicas reacciones biológicas, las cuales eran derivadas de la acción y desarrollo de los microorganismos sobre el sustrato celulósico (trapos viejos). En estas reacciones de fermentación es donde los microorganismos en su metabolismo generaban enzimas, las cuales a su vez atacaban las cadenas celulósicas, logrando así debilitar estructuras y acortar la longitud de las fibras; posteriormente se trataba la pasta en una segunda acción mecánica mediante las conocidas mazas. Esta desagradable y laboriosa operación desarrollada en los citados pudrideros vino a caer en desuso tras la incorporación a los sistemas papeleros de la denominada pila holandesa. Con este nuevo ingenio se simplificó mucho la operación del refino, se evitaban los desagradables olores derivados de las fermentaciones y se reducían enormemente los tiempos, entre otras ventajas. Ya a finales del siglo XX se incorporaron en los circuitos papeleros los denominados refinados cónicos y posteriormente los de discos; con los cuales, la operación de refinado en continuo se reducía a escasos segundos. Estos últimos años se están incorporando enzimas (celulasas) a la operación del refino mecánico tal y como ya se ha detallado anteriormente.

MICROBIOLOGIA PAPELERA

El papel en sí, los materiales utilizados en su elaboración y el propio proceso de fabricación, presentan condiciones ideales para el crecimiento y desarrollo de los microorganismos; por ello, es necesario conocer las variables generales y microbiología básica para atajar con éxito los efectos negativos que dichos organismos pueden causar, tanto durante la fabricación del papel como en el uso final al que se destine.

En los procesos papeleros están presentes cuatro grupos de microorganismos: bacterias, hongos-levaduras, algas e invertebrados microscópicos. Haremos una breve descripción de las dos primeras, dado que son los más habituales en el terreno que nos ocupa.

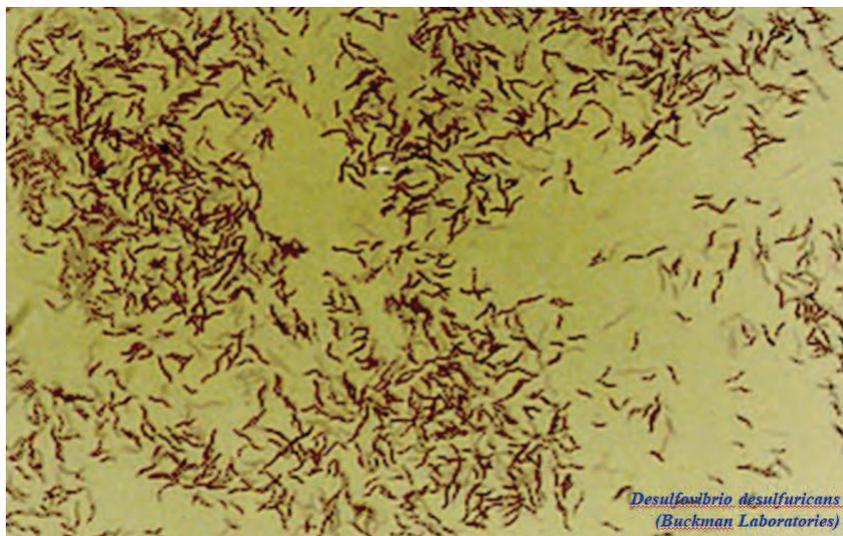
A) Las bacterias, se pueden categorizar mediante varios métodos (reacción Gram, reacciones bioquímicas, análisis de ácidos grasos). También se pueden clasificar según los requerimientos de oxígeno para su desarrollo, situación de este componente muy variable a lo largo del proceso de fabricación.

La presencia o ausencia de oxígeno en el medio determinan las condiciones para el desarrollo, así pues, pueden clasificarse como:

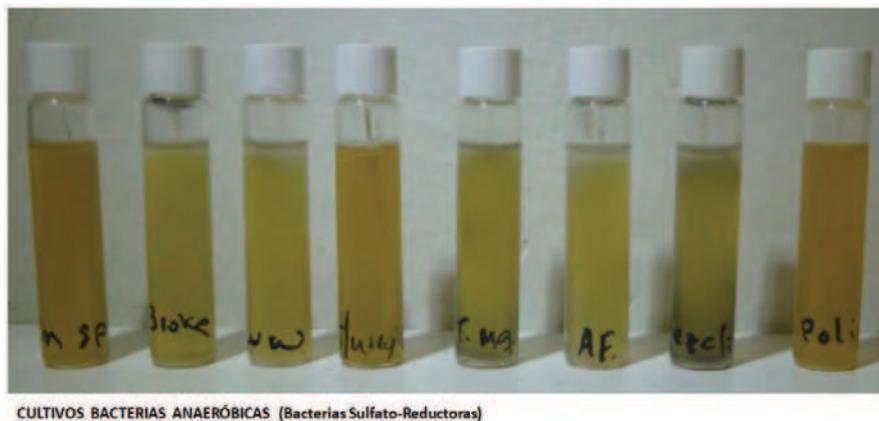
- bacterias aeróbicas, necesitan presencia de oxígeno (aire) para su desarrollo. Son la mayoría de los *Bacillus* spp, *Pseudomonas*, las filamentosas (*Sphaerotilus natans*), y otras.

En la foto se muestran algunos cultivos microbiológicos realizados sobre muestras tomadas en diferentes puntos de un proceso de fabricación y materias primas utilizadas. En dichas placas de cultivos, alojados en capsulas esterilizadas, se aprecian punteaduras circulares variadas en cantidad y tamaño, cubriendo la superficie. Cada una de dichas punteaduras es una colonia y representa que es una bacteria aeróbica, la cual ha crecido (estufa a 36 °C de temperatura, durante 48 horas) y ha conformado una colonia. El recuento de las colonias permite cuantificar la población bacteriana expresándolo en Unidades Formadoras de Colonias por mililitro (UFC/ml).

- bacterias anaeróbicas, tales como *Clostridium* y las Bacterias sulfato-reductoras se desarrollan en medios donde se dan bajas o nulas concentraciones de oxígeno disuelto.



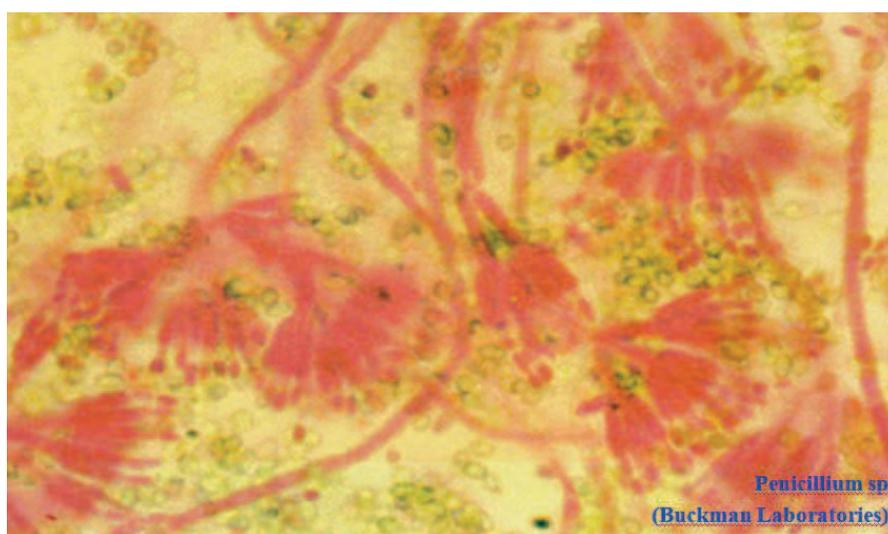
Las anaeróbicas metabolizan compuestos orgánicos produciendo gases (hidrogeno y metano), olores (ácidos grasos volátiles, ácido sulfhídrico) e incluso provocan corrosión microbiológica (MIC).



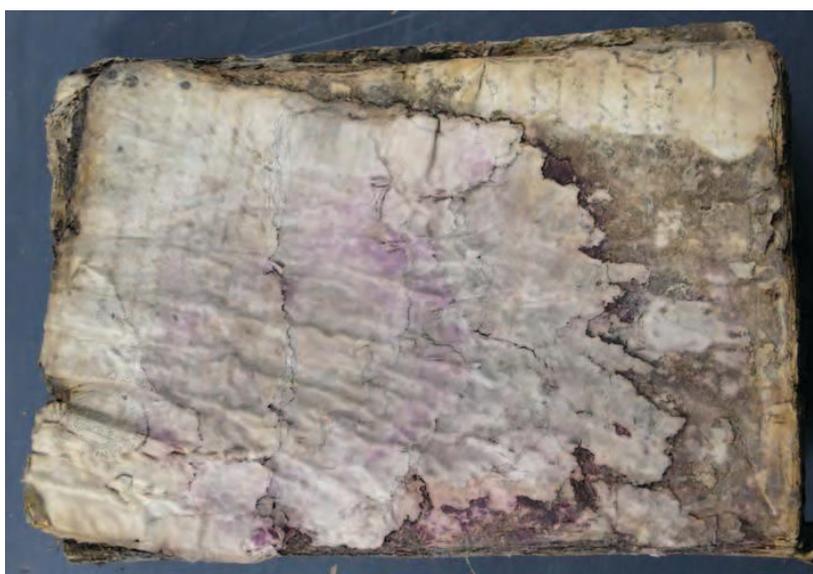
- facultativas anaerobias, tienen capacidad de desarrollarse tanto en condiciones aeróbicas como anaeróbicas.

B) Los hongos, vienen a situarse en el estrato anterior a la escala vegetal. Llegan al proceso papelero procedentes del empleo de cargas minerales, pastas a base de papeles reciclados y lechadas de almidón e

incluso del propio ambiente. Los bajos niveles de pH (medio ácido) favorecen su desarrollo. En condiciones favorables, las esporas germinan y desarrollan estructuras abundantes formadas por *hyphas*, conjunto de filamentos que conforman los micelios y esporas en su parte final y externa. Las esporas son partículas que, por su diminuto tamaño, favorece su movilidad a través del propio ambiente, a la vez que son muy resistentes a condiciones extremas y por largos periodos de tiempo, por lo que permanecen en el sistema de fabricación o bien en el soporte de papel ya fabricado a la espera de que se den las condiciones más idóneas (temperatura, pH, humedad, nutrientes,...) para volver a desarrollarse. Son fáciles de identificar al examen microscópico por su tamaño y por sus características ramificaciones (*hyphas*). Los hongos, en sus condiciones favorables, son los causantes de la degradación y coloración en la madera, astillas para cocción, pastas fabricadas, sobre el papel ya fabricado y durante su uso final.



Básicamente hay cuatro tipos de hongos: Phycomycetes, Ascomycetes, Basidiomycetes y Deuteromycetes. Algunas de las especies de hongos que más habitualmente nos podemos encontrar en el papel y procesos papeleros son *Rhizopus sp*, *Trichoderma sp*, *Penicillium sp*, *Aspergillus Niger*, *Cladosporium sp*, y *Acremonium Fusarium* entre otros. Las levaduras son hongos unicelulares.



EL CRECIMIENTO MICROBIANO

El crecimiento microbiano, en microbiología, viene a representar el incremento en el número de células. Mediante el proceso de bipartición, una sola célula se divide para crear dos células iguales. Ello ocurre en lo que se denomina tiempo de generación o de duplicación (tiempo necesario para que una célula se divida o una población se duplique).

En la curva de crecimiento de la población microbiana que se reproduce a continuación, podemos distinguir varias fases:

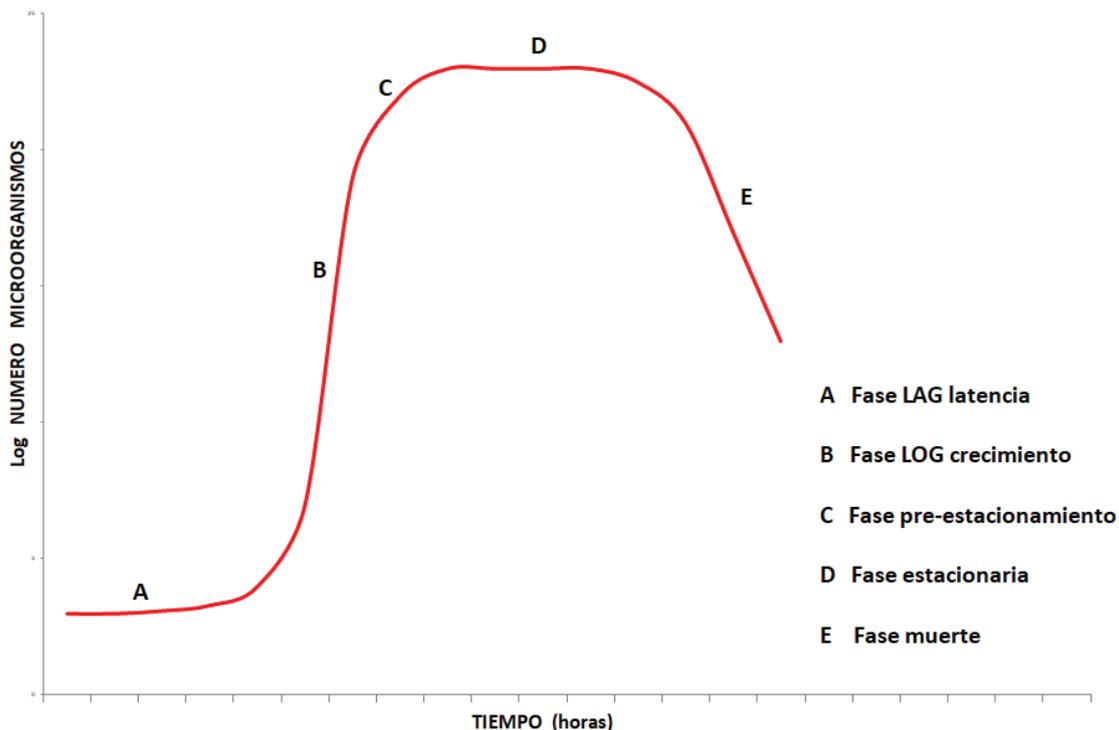
A.- Fase LAG, o de latencia, en la que se lleva a cabo un proceso de adaptación de las células al medio. El crecimiento de las células es lento.

B.- Fase LOG, donde se da un rápido crecimiento de forma exponencial. Se alcanza la máxima velocidad de crecimiento. Esta velocidad de crecimiento varía de unas especies a otras y depende de los factores del medio (nutrientes, pH, temperatura, humedad)

C.- Fase preestacionaria, donde se comienza a retardar el crecimiento exponencial debido al estrés que los microorganismos empiezan a padecer.

D.- Fase estacionaria, donde los nutrientes se van agotando, hay presencia de tóxicos o las condiciones son adversas. Se entra en un periodo estacionario donde ya no hay crecimiento; se produce pues un equilibrio entre los microorganismos vivos y muertos.

E.- Fase de muerte, donde los microorganismos mueren por falta de nutrientes y/o darse adversas condiciones del medio de cultivo. Las células ya no realizan actividades metabólicas.



Como una de las conclusiones de la gráfica de crecimiento, señalar que una vez se dan las condiciones idóneas para el desarrollo microbiano, su crecimiento es muy rápido (crecimiento exponencial); quiere decir que en pocas horas-días pueden hacer presencia y manifestarse enérgicamente sobre los papeles desprotegidos. Esta acción permanece mientras se mantengan las condiciones y siga existiendo sustrato y nutrientes.

EL MICROSCOPIO

Es una herramienta fundamental para el estudio de los microorganismos en el papel, dado que la capacidad del ojo humano es muy limitada a la hora de visualizar las partículas de pequeñas dimensiones. Además de los microorganismos en el papel y en los circuitos, el microscopio también nos permite examinar e identificar otras partículas de reducido tamaño, examinar manchas en el papel, detectar algunos aditivos e incluso identificar las diferentes especies de fibras de celulosa utilizadas en la elaboración del papel y su estado de refinado. El aparato debe permitir magnificar el objeto examinado entre x20 y x1000 aumentos, dependiendo de los detalles que se deseen apreciar. La visualización microscópica puede favorecerse mediante uso de reactivos específicos (azul de lactophenol) que resaltan o tiñen la materia microbológica.



Dicho sea de paso, señalar que el microscopio también es una herramienta muy útil a la hora de planificar y evaluar el tipo de refinado deseado en las pastas celulósicas. Cuantitativamente el grado de refinado se determina mediante el medidor Schopper-Riegler (unidades en °SR) muy habitual en Europa, o bien, mediante el Canadian Standard Freeness Tester, muy habitual en Norte América; ambos métodos están basados en la capacidad de desgote que presentan las pastas tratadas. Antiguamente esta acción era evaluada mediante la experiencia, pericia y apreciaciones sensoriales de los operadores al cargo de las pilas holandesas. La operación de refinado consiste en provocar una modificación de la estructura interna y externa de las fibras de celulosa mediante aplicación de energía mecánica sobre las pastas, para lo cual se utilizan equipos mecánicos especialmente diseñados para ello. Es el mismo efecto que antiguamente se lograba con el largo y continuado golpeteo de los mazos hidráulicos y posteriormente con la pila holandesa. El microscopio ayuda a orientar el grado y tipo de refinado a aplicar a las pastas, así como a definir algunas de las numerosas variables que afectan al proceso de refinado.

El examen microscópico permite conocer visualmente el tipo de acción e intensidad mecánica aplicado a las pastas, de forma que esta intervención mecánica se oriente hacia la obtención de un efecto bien sea de tipo “engrase” o fibrilación, o bien, de corte sobre en las fibras celulósicas procesadas. El refinado

de las pastas proporciona fibras modificadas mecánicamente para alcanzar unas determinadas propiedades y características físico-mecánicas de los papeles producidos; afecta o controla propiedades como la porosidad y las resistencias principalmente; también facilita la aparición de grupos hidroxilo (grupos-OH) en la superficie de las fibras, de forma que se crean uniones por puentes de hidrogeno entre fibras.

CONTROL MICROBIOLÓGICO EN PAPELES

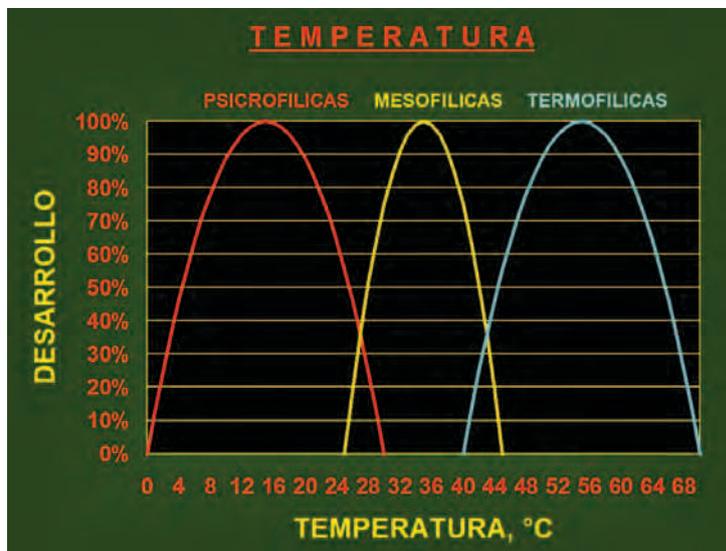
Conocidas las condiciones y variables que favorecen/perjudican la actividad y desarrollo microbio-lógicos, se ha de llegar a un adecuado control microbiológico de los papeles, de forma que se preserven los ataques sobre el soporte celulósico. Se trata, de mantener unas condiciones que no favorezcan su cre-cimiento, desarrollo y actividad metabólica, o bien, utilizar especialidades químicas que inhiban y eviten la actividad microbiana.

De forma general, los microorganismos vienen a requerir prácticamente parecidos elementos que otros seres vivos, tales como oxígeno, carbono, nitrógeno, hidrogeno, azufre, fosforo; ya en segundo pla-no se requieren calcio, magnesio, potasio, hierro, sodio, cloro, zinc, manganeso, cobre, molibdeno, boro, yodo y algún otro.

En el papel acabado, o bien en su uso final y conservación, la agresión microbiológica de mayor riesgo y más habitual que han de soportar provienen de los ataques fúngicos (hongos), siempre y cuando se den las condiciones adecuadas para su crecimiento y desarrollo, obviamente. La mayoría de los nutrien-tes y vitaminas requeridos para el desarrollo de los microorganismos, así como las condiciones del medio, se pueden encontrar fácilmente en los procesos de fabricación de papel.

A modo de guía general, para una adecuada conservación del soporte celulósico, se ha de tratar de manejar o considerar las variables siguientes:

- disponer de un papel soporte del documento exento de contaminación microbiológica.
- evitar o controlar la presencia de aditivos utilizados en la composición del papel, que puedan favorecer el desarrollo microbiológico, o bien, evitar que estos aditivos (caolín, dióxido titanio, talco, carbonato cálcico, colas, almidones, gelatinas, caseína, resinas, CMC, gomas, etc) vengán contaminados microbiológicamente.
- las condiciones de alta humedad favorecen el desarrollo microbiano, por tanto ha de ser evitada; tampoco alcanzar condiciones opuestas de excesiva sequedad, dado que el papel puede sufrir otro tipo de alteraciones no deseables.



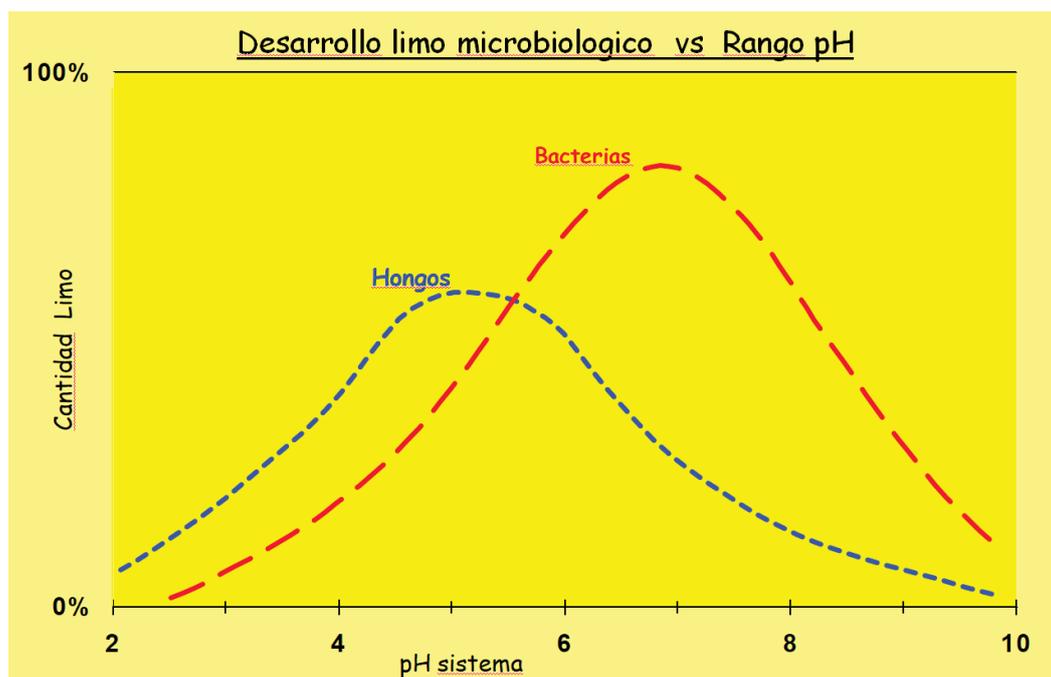
- la temperatura, que junto con el pH, es una variable que determina el tipo de microorganismo que se va a desarrollar y su actividad metabólica. En la fabricación y uso del papel habituales estamos en una banda de temperaturas de 10 a 45 °C aproximadamente; por tanto estaremos en una banda de microorganismos denominados mesofílicos (Ver gráfico). Durante la conservación de los documentos la temperatura es un factor determinante obviamente; no obstante, es importante también que esta se mantenga lo más estable posible.

- evitar ambientes extremos (oxidantes, reductores, ácidos, gases, etc)

- buen control microbiológico de todos los aditivos que se añaden en la composición (cargas, colas, gelatinas, almidones, CMC, latex, resinas, pastas, etc) y muy especialmente del agua fresca de aporte a los procesos.

- evitar entornos de uso o almacenamientos desde los que se pueda contaminar el papel.

- mantener un control de pH del papel. Las condiciones de pH son muy variadas según la especie de microorganismos que se trate. Los papeles antiguos, anteriores a 1960 aproximadamente, generalmente estaban elaborados en medio ácido (colas animales, alúmina, resina de colofonia), lo cual favorecía el desarrollo de hongos-levaduras. Las recomendaciones de mantener una “reserva alcalina” en los papeles, entre otros, evita el deterioro debido a que se alcanza un rango de pH óptimo (neutro- alcalino) que perjudica el desarrollo hongos, a la vez que se neutralizan restos de ácidos perjudiciales que se puedan producir como consecuencia del metabolismo de dichos microorganismos.



- ya en último término y de forma general, tratar de conservar los papeles o documentos en las condiciones óptimas (pH, temperatura, humedad, luz) que prevengan la contaminación y el desarrollo microbiológico.

- finalmente es necesario reseñar otra posible opción para poder alcanzar un control microbiológico en las papeles que presenten alto riesgo de contaminación microbiológica y requieran ser preservados. Se trata de la utilización de especialidades químicas o agentes de control microbiológico tales como los bactericidas y fungicidas (biocidas). Son productos que se han diseñado específicamente para su aplicación, bien en masa, bien en superficie, tanto durante el mismo proceso de fabricación de la hoja de papel, como fuera de máquina ya como un tratamiento específico adicional. Son tratamientos muy habituales en papel,

en curtidos, en madera, en pinturas, grasas y otros soportes y materiales que sean propensos al ataque y desarrollo de los microorganismos.

Son numerosos los biocidas disponibles, de muy variada naturaleza química y presentando cada uno de ellos un específico mecanismo de actuación, a saber: quelación de metales, reacción con grupos -SH, inactivación de enzimas, oxidación de la pared celular, actuación sobre permeabilidad de pared celular, y otros. La utilización de uno u otro biocida dependerá principalmente de: su efectividad, pH y temperatura del sistema, tiempo de contacto disponible, dosis concentración, cambio de microflora y presencia de sustancias inhibitorias en el sistema.

Desde los iniciales biocidas órgano-mercuriales, pasando por WSCP, TCMTB, MTC, las isotiazolonas, agentes oxidantes, biocidas órgano-sulfurados, BHAP, carbamatos, metaborato de bario, triazinas, ozono, glutaraldehído, etc, han sido las complejas moléculas que se han incluido dentro de los programas de control microbiológico en los sistemas papeleros. Normalmente estos compuestos presentan un alto peligro en su uso y manipulación, especialmente por su elevada toxicidad. Por ello, con el tiempo se van desplazando progresivamente los programas de tratamiento para control microbiológico hacia otros compuestos y combinaciones que son más amigables hacia el hombre y hacia el medio ambiente, como son el caso de las enzimas ó los biodispersantes.

CONSERVACION Y SEGURIDAD

En los centros donde se manipulen y archiven documentos con papel como soporte, se han de cumplir estrictamente las políticas de conservación establecidas al respecto, las cuales van encaminadas a corregir aquellos factores que puedan poner en riesgo el patrimonio cultural, el cual, ha de permanecer intacto durante muchos años. Como en multitud de casos, es mejor prevenir los ataques que tratar de reparar las consecuencias.

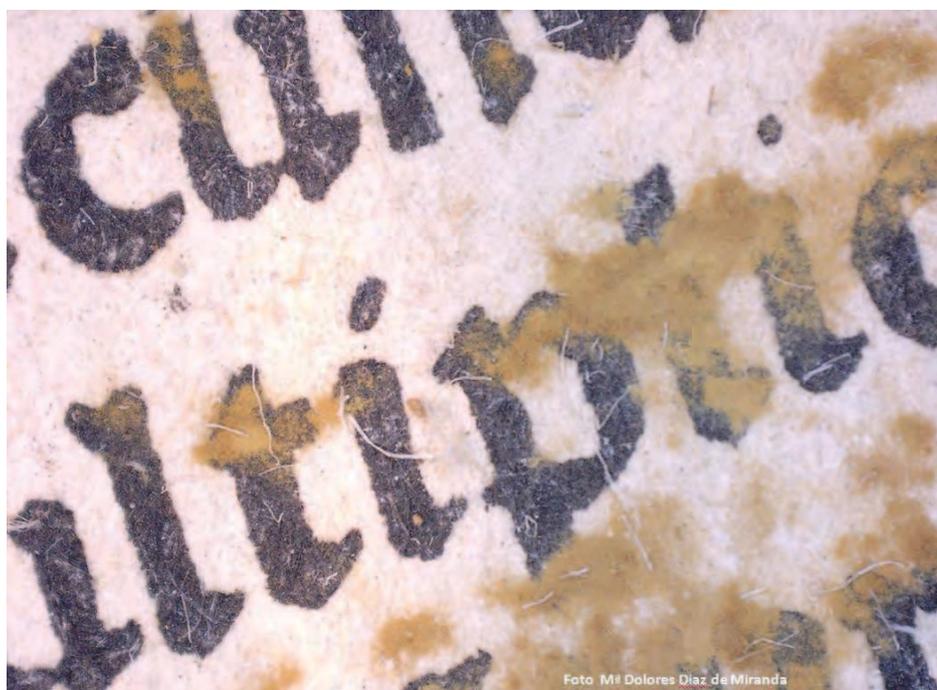


Foto M^a Dolores Diaz de Miranda

En esta materia microbiológica que nos ocupa, hay que tener siempre muy presente un apartado esencial como es la seguridad; no se ha de perder de vista nunca este aspecto. Es importante recordar a personal de archivos, bibliotecas, restauradores y manipuladores de papel en general que se pueden oca-

sionar graves problemas en las vías respiratorias, en la piel y aparato digestivo durante la manipulación o almacenado de los documentos contaminados por microorganismos. En previsión de ello, es recomendable tomar las debidas precauciones durante su manipulación, tales como la utilización de Equipos de Protección Individual (EPI's), entre los que caben destacar: los guantes de goma, vestimenta y sobre todo las gafas de seguridad y la mascarilla. Son elementos de seguridad que han de estar siempre disponibles a mano y en buen estado a la hora de manipular el papel contaminado microbiológicamente, dado que previenen y evitan serios problemas a las personas que los manipulen y también a las de su entorno. Finalmente conviene recordar que es necesario que las instalaciones y ambientes de trabajo y archivo se higienicen periódicamente.

CONCLUSIONES

La microbiología, tan presente en nuestra vida diaria, es la ciencia que nos da a conocer los microorganismos, los cuales son pequeños organismos (microbios), que no son visibles al ojo humano, por lo que se ha de emplear el microscopio para su estudio y visualización.

Muchos de estos microorganismos están muy presentes y activos durante el proceso de elaboración del papel, en las materias primas utilizadas para su fabricación y en el papel acabado cuando ya está desarrollando las funciones encomendadas para su uso final. Muchos de estos usos viene a ser el soporte para escritura y creaciones artísticas que se encuentran en archivos y bibliotecas que, como patrimonio que son, se han de tratar de conservar en buen estado y durante largos periodos de tiempo. Estos documentos están sometidos a numerosas amenazas, de muy variada índole, que han de soportar a lo largo de su existencia; una de estas amenazas es la actividad que los microorganismos desarrollan sobre los soportes de los documentos; actividad de los microorganismos que viene a ser muy habitual y de efectos muy nefastos, llegando incluso a ser irreversibles.

Por tratarse de una actividad relevante en la conservación de los papeles, se hace necesario conocer algunos aspectos básicos de microbiología con el fin de entender las formas de vida de los microorganismos, sus condiciones para el crecimiento, su clasificación, su identificación, los elementos que pueden inhibir o favorecer su desarrollo, sus sistemas de reproducción, los mecanismos para prevenir y controlar su actividad, formas de medición y las precauciones de seguridad a tomar durante su manipulación, entre otros varios.

Por último, recomendar el uso del microscopio como una herramienta fundamental para el estudio de la materia microbiológica, así como para exploración visual de otros detalles, constituyentes y defectos presentes en el papel.

BIBLIOGRAFIA Y AGRADECIMIENTOS

MONOGRAPH ON MICROBIOLOGY OF PAPERMAKING SYSTEMS. 2008 (The TAPPI Microbiology and Microbial Technology Committee).

Microbial production of explosive/toxic gases in the paper industry, de Vanja M King, de Buckman Laboratories, para TAPPI PRESS (March 1990).

Antifungals on paper: An overview (S Sequeira, E.J. Cabrita, M.F. Macedo).

Agradecimiento: a Keti Nicolaeva, restauradora y Ana Isabel Ballester. Fotos de papeles deteriorados en Protocolos Notariales. M^a Dolores Diaz de Miranda, foto.

Microbial Problems in Neutral/Alkaline paper machine systems, de Vanja M King, de Buckman Laboratories, para TAPPI PRESS (October 1990).