

**EVALUACIÓN DE TRES MATERIALES QUÍMICOS COMO FUNGICIDAS Y SU EFECTO
SOBRE ALGUNOS PAPELES Y TINTAS**

BEATRIZ ELENA CUENCA OSORIO

**TRABAJO DE GRADO
Presentado como requisito parcial
Para optar el título de**

MICROBIÓLOGO(A) INDUSTRIAL

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE MICROBIOLOGÍA INDUSTRIAL
Bogotá D. C.
8 de Septiembre de 2006**

NOTA DE ADVERTENCIA

Artículo 23 de la Resolución N° 13 de Julio 1946

“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Sólo velará porque no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y porque las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia”

**EVALUACIÓN DE TRES MATERIALES QUÍMICOS COMO FUNGICIDAS Y SU EFECTO
SOBRE ALGUNOS PAPELES Y TINTAS**

BEATRIZ ELENA CUENCA OSORIO

APROBADO

**Claudia Patricia Flórez, Microb. Industrial
Director**

**Jaime Bernal Castillo, Químico
Asesor**

**Ana Isabel Oliveros, MSc
JURADO**

**Alejandro Reyes, Ing. Químico
JURADO**

**EVALUACIÓN DE TRES MATERIALES QUÍMICOS COMO FUNGICIDAS Y SU EFECTO
SOBRE ALGUNOS PAPELES Y TINTAS**

BEATRIZ ELENA CUENCA OSORIO

APROBADO

**Dra. Angela Umaña Muñoz, PhD.
Decana Académica
Facultad de Ciencias**

**Dr. David Gómez Mendez, MSc
Director de Carrera
Microbiología Industrial**

“A mi mamá Esperanza, mi abuelita Sarita, mi abuelito Jorge que ya no está con nosotros, a mis hermanos Jorge y Lucho y a mis mejores amigos que me animaron para terminar lo que hace años comencé: mi carrera profesional. Pero sobre todo va para una persona que ha cumplido y seguirá cumpliendo las peticiones de mi corazón a mi amado padre Dios”.

TABLA DE CONTENIDOS

| | PAG. |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 14 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 15 |
| 2.1. Consideraciones generales | 15 |
| 2.2. El papel | 15 |
| 2.2.1. Definición..... | 15 |
| 2.2.2. Breve historia del papel..... | 15 |
| 2.2.3. Características físicas del papel | 16 |
| 2.3. Constitución del papel..... | 17 |
| 2.3.1. Fibras | 17 |
| 2.3.1.1. Composición química de la fibra..... | 18 |
| 2.3.2. Otros componentes del papel | 21 |
| 2.4. ¿Cómo se fabrica el papel? | 23 |
| 2.4.1. Fabricación industrial del papel | 23 |
| 2.4.2. Fabricación de papel manual | 24 |
| 2.4.3. Papel Bond..... | 25 |
| 2.5. Tintas | 25 |

| | |
|--|-----------|
| 2.5.1. Tinta china..... | 26 |
| 2.5.2. Tinta ferrogálica..... | 26 |
| 2.5.3. Tinta de impresora | 26 |
| 2.5.4. Tinta estilográfica | 27 |
| 2.6. Factores decisivos en el deterioro del material de archivo | 27 |
| 2.6.3. Agentes químicos..... | 28 |
| 2.6.4. Agentes biológicos | 28 |
| 2.6.5. Deterioro del papel por microorganismos..... | 29 |
| 2.6.5.1. Biodegradación fúngica del papel..... | 30 |
| 2.7. Alternativa de desinfección | 32 |
| 2.7.1. Desinfección - definición..... | 32 |
| 2.7.2. Uso de agentes antimicrobianos para eliminación de microorganismos | 32 |
| 2.7.2.1. Modo de acción de los agentes antimicrobianos..... | 33 |
| 2.7.2.2. Valoración de la actividad microbicida de los agentes antimicrobianos..... | 34 |
| 2.7.3. Clasificación de los agentes antimicrobianos de importancia para el estudio..... | 35 |
| 2.7.3.1. Fenol y compuestos fenólicos | 35 |
| 2.7.3.2. Compuestos de amonio cuaternario..... | 36 |
| 2.7.4. Productos desinfectantes evaluados en el estudio (Fichas Técnicas). | 37 |

| | |
|---|-----------|
| 2.7.4.1. Desinfectante C.L.Z. (Mac Clean de Colombia)..... | 37 |
| 2.7.4.2. Sani T – 10 (Spartan de Colombia)..... | 39 |
| 2.7.4.3. PREVENTOL ® CD 601 (Bayer de Colombia)..... | 39 |
| 3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN..... | 41 |
| 4. OBJETIVOS | 42 |
| 4.1. GENERAL | 42 |
| 4.2. ESPECÍFICOS..... | 42 |
| 5. MATERIALES Y MÉTODOS | 43 |
| 5.2. Métodos:..... | 43 |
| 5.2.1. Confirmación de cepas..... | 43 |
| 5.2.1.1. <i>Aspergillus niger</i> | 44 |
| 5.2.1.2. <i>Penicillium</i> sp..... | 45 |
| 5.2.1.3. <i>Cladosporium</i> sp..... | 46 |
| 5.2.2. Obtención de recuento inicial | 47 |
| 5.2.3. Evaluación de la eficacia fungicida de los agentes desinfectantes (Técnica de dilución en tubo) | 47 |
| 5.2.4. Pruebas físico – químicas para el soporte..... | 49 |
| 5.2.4.1. ENVEJECIMIENTO ACELERADO: | 50 |
| 5.2.4.2. RESISTENCIA A LA TENSIÓN: | 50 |

| | |
|---|-----------|
| 5.2.4.3. INDICE DE COBRE: | 51 |
| 5.2.3. Análisis estadístico de la información | 52 |
| 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 53 |
| 6.1. Manejo de cepas | 53 |
| 6.2. Obtención de recuento inicial | 53 |
| 6.3. Evaluación de la eficacia fungicida de los agentes desinfectantes (Técnica de dilución en tubo). | 53 |
| 6.3.1. Resultados obtenidos con <i>Cladosporium</i> sp., frente a los desinfectantes SaniT-10, C. L. Z. y Preventol ® CD 601. | 53 |
| 6.3.2. Resultados obtenidos con <i>Penicillium</i> sp frente a los desinfectantes SaniT-10, C. L. Z. y Preventol ® CD 601. | 55 |
| 6.3.3. Resultados obtenidos con <i>Aspergillus niger</i> frente a los desinfectantes SaniT-10, C. L. Z. y Preventol ® CD 601. | 58 |
| 6.4. Pruebas físico-químicas en el soporte..... | 59 |
| 6.4.1. Envejecimiento acelerado. | 59 |
| 6.4.2. Resistencia a la tensión..... | 60 |
| 6.4.2.1. Resistencia a la tensión con la concentración 2500ppm (0.25%) de SaniT-10 para las tres clases de papel..... | 60 |
| 6.4.2.2. Resistencia a la tensión con la concentración 0.1% de C. L. Z. para las tres clases de papel. | 62 |

| | |
|--|-----------|
| 6.4.2.3. Resistencia a la tensión con la concentración 4% de Preventol ® CD 601 para las tres clases de papel. | 65 |
| 6.4.3. Índice de cobre. | 67 |
| 6.4.3.2. Índice de cobre con la concentración 0.1% de C. L. Z. para las tres clases de papel. | 69 |
| 6.5. Efecto sobre las tintas..... | 74 |
| 7. CONCLUSIONES | 75 |
| 8. RECOMENDACIONES..... | 77 |
| 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 78 |
| 10. ANEXOS..... | 84 |

TABLA DE FIGURAS

| | Pag. |
|--|------|
| Figura 1. Celulosa cruda o Kraft..... | 19 |
| Figura 2. Celulosa blanqueada: celulosa química..... | 20 |
| Figura 3. Molécula de celulosa..... | 31 |
| Figura 4. Molécula de fenol y compuestos fenólicos..... | 35 |
| Figura 5. Observación macro y microscópica de <i>A. niger</i> | 45 |
| Figura 6. Observación macro y microscópica de <i>Penicillium</i> sp..... | 46 |
| Figura 7. Observación macro y microscópica de <i>Cladosporium</i> sp..... | 46 |
| Figura 8. Siembra en PDA..... | 49 |
| Figura 9. Efecto biocida de C. L. Z frente a <i>Cladosporium</i> sp..... | 54 |
| Figura 10. Efecto biocida de C. L. Z frente a <i>Penicillium</i> sp..... | 56 |
| Figura 11. Efecto biocida de SANIT-10 frente a <i>Penicillium</i> sp..... | 56 |
| Figura 12. Efecto biocida de PREVENTOL CD 601 frente a <i>Penicillium</i> sp..... | 57 |
| Figura 13. Envejecimiento acelerado de los papeles..... | 59 |
| Figura 14. Resistencia a la tensión papel manual concentración 0.25%..... | 60 |
| Figura 15. Resistencia a la tensión papel bond concentración 0.25%..... | 61 |
| Figura 16. Resistencia a la tensión papel periódico concentración 0.25%..... | 62 |
| Figura 17. Resistencia a la tensión papel manual concentración 0.1%..... | 63 |
| Figura 18. Resistencia a la tensión papel bond concentración 0.1%..... | 64 |
| Figura 19. Resistencia a la tensión papel periódico concentración 0.1%..... | 64 |
| Figura 20. Resistencia a la tensión papel manual concentración 4%..... | 65 |
| Figura 21. Resistencia a la tensión papel bond concentración 4%..... | 66 |
| Figura 22. Resistencia a la tensión papel periódico concentración 4%..... | 66 |
| Figura 23. Índice de cobre concentración 0.25%..... | 68 |
| Figura 24. Índice de cobre concentración 0.1%..... | 74 |
| Figura 25. Índice de cobre concentración 4%..... | 72 |
| Figura 26. Efecto sobre la tinta de bolígrafo..... | 75 |

INDICE DE TABLAS

| | Pag. |
|--|------|
| Tabla 1. Mohos contaminantes encontrados en archivos..... | 30 |
| Tabla 2. Especificaciones técnicas desinfectante C.L.Z..... | 38 |
| Tabla 3. Especificaciones técnicas desinfectante SANIT-10..... | 39 |
| Tabla 4. Especificaciones técnicas desinfectante PREVENTOL CD 601..... | 40 |
| Tabla 5. Expresión de resultado en la evaluación de desinfectantes..... | 49 |
| Tabla 6. Medias de % de inhibición presentados por <i>Cladosporium</i> sp frente a los tres desinfectantes evaluados..... | 54 |
| Tabla 7. Medias de % de inhibición presentados por <i>Penicillium</i> sp frente a los tres desinfectantes evaluados..... | 55 |
| Tabla 8. Medias de % de inhibición presentados por <i>A. niger</i> frente a los tres desinfectantes evaluados..... | 58 |
| Tabla 9. Resistencia a la tensión de los soportes concentración 0.25% dado en gramos/fuerza..... | 60 |
| Tabla 10. Resistencia a la tensión de los soportes concentración 0.1% dado en gramos/fuerza..... | 62 |
| Tabla 11. Resistencia a la tensión de los soportes concentración 4% dado en gramos/fuerza..... | 65 |
| Tabla 12. Tabla de promedios y desviaciones estándar de índice de cobre concentración 0.25%..... | 85 |
| Tabla 13. Tabla de promedios y desviaciones estándar de índice de cobre concentración 0.1%..... | 86 |
| Tabla 14. Tabla de promedios y desviaciones estándar de índice de cobre concentración 4%..... | 86 |

RESUMEN

El Archivo General de la Nación tiene entre sus funciones promover la conservación de los materiales de archivo. Dentro de sus conservaciones están libros que datan del siglo XVI hasta nuestros días y toda clase de soportes (papel manual, industrial, periódico, mapas, material fotográfico, etc).

Debido a la antigüedad de los documentos y a la importancia que representan para el país, se han creado planes de acción con el fin de disminuir el deterioro que se presenta. Para evitar la proliferación de microorganismos causantes del biodeterioro del patrimonio documental, una de las estrategias es el uso de materiales químicos como desinfectantes que cumplan su función microbicida y aún más que no alteren las propiedades del papel.

En estudios anteriores (Flórez y Russi, 2000; Peña y Zambrano, 2003), el Timsen ha sido el único que cumple con esas funciones utilizándose en concentraciones superiores a 3000ppm. En este estudio se valoraron dos desinfectantes de amonio cuaternario que tienen el mismo principio activo que el Timsen (N-alquil dimetil bencil amonio clorado) pero que se diferencian en los porcentajes de cada compuesto (8% para el SaniT-10 y 50% para C. L. Z) además se realizó una valoración fungicida de un desinfectante fenólico, conocido comercialmente como Preventol ® CD601.

Al término de las pruebas microbiológicas, de las nueve concentraciones evaluadas mediante la técnica de dilución en tubo, cuatro presentaron efectividad mayor del 75% a los cinco minutos de prueba para los tres microorganismos. Las concentraciones con esos porcentajes fueron 0.0625% y 0.25% del desinfectante SaniT-10, 0.1% del desinfectante C. L. Z y 4% del compuestos fenólico.

SaniT-10 a una concentración de 0.25%, desde los cinco minutos de contacto, inhibió en un 100% a los tres microorganismos de prueba; preparado a una concentración de 0.125% presenta 100% para *Cladosporium* sp, 58% para *Penicillium* sp y 75% para *Aspergillus niger*, al menor tiempo de exposición y preparado a 0.625% inhibió a los cinco minutos de contacto en un 100% a *Cladosporium* sp, en un 83.3% a *Penicillium* sp y 75% para *Aspergillus niger*.

Con la concentración 0.1% del desinfectante C. L. Z., se presentó a los cinco minutos un 83.3% de inhibición con respecto a *Penicillium* sp y *Aspergillus niger*, mientras que con *Cladosporium* sp su efectividad en este mismo tiempo, fue del 100%. Preparado a su concentración más baja (0.025%) para los cinco minutos presentó un 33% y preparado a la concentración recomendada (0.05%) presentó un 42% de inhibición al menor tiempo de exposición frente a *Penicillium* sp.

Con respecto al desinfectante fenólico la única concentración que fue efectiva desde los cinco minutos con *Penicillium* sp fue 4%, mientras preparado al 2% sólo inhibió 67% y preparado al 1% inhibió 58% para el tiempo señalado. Para los otros dos microorganismos su efectividad se mostró desde el menor tiempo de prueba de un 100%.

A partir de las pruebas físico-químicas realizadas a los soportes, la concentración de 0.25% no afecta de manera significativa al papel manual, mientras que sí lo hace con el papel bond y periódico. Mientras que la concentración 0.1% altera las propiedades del papel manual en resistencia a la tensión y el compuesto fenólico resulta ser más agresivo para las tres clases de papel analizados, por lo que no se recomienda su uso para desinfección en papel.

1. INTRODUCCIÓN

El Archivo General de la Nación como institución pública, fue creado a través de la Ley 9 de 1989, con el fin de salvaguardar el patrimonio documental nacional. Entre sus principales funciones es la conservación de documentos que representan la historia nacional, la causa más importante del biodeterioro de éste material es que esta constituido por macromoléculas bioquímicamente degradables como la celulosa, la hemicelulosa y la lignina.

Entre la gran variedad de microorganismos que atacan el papel, los hongos constituyen una de las principales causas del deterioro del soporte. El crecimiento fúngico está influenciado por las condiciones ambientales del espacio donde se guardan y usan los documentos.

Para disminuir el crecimiento fúngico sobre el papel, se han propuesto diferentes alternativas de desinfección en el Archivo General de la Nación, y se han probado agentes antimicrobianos como el Timsen, Newger, Tego 51, propilenglicol y etanol, como productos de amplio espectro y baja toxicidad, sin embargo, el Timsen cuyo principio activo es un cloruro de N-alquildimetilbencilamonio, es el único producto que ha demostrado ser efectivo en el control de los microorganismos de prueba a partir de concentraciones mayores de 3000ppm y no ha tenido un efecto adverso sobre la estructura interna de los papeles analizados.

El propósito primordial de éste proyecto es evaluar la efectividad de tres desinfectantes (dos sales de amonio cuaternario y un compuesto fenólico) como agentes fungicidas, y determinar su efecto sobre las propiedades físico – químicas de los soportes y las tintas preseleccionadas. Al obtener los resultados se compararan los obtenidos por los amonios cuaternarios, incluido el Timsen para analizar las razones por las que este último no resulta nocivo para el papel.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Consideraciones generales

Desde sus orígenes, el hombre ha sentido la necesidad de expresar gráficamente su vida y sus anhelos, fue primero en paredes de las cavernas, más tarde en placas de mármol o bronce, después en tablillas de arcilla, caparazón de tortuga, hueso, madera o la cera. Pero como cuenta Asunción (2001): “a medida que iban evolucionando las civilizaciones, se hacía necesario un material que fuese más liviano, de fácil almacenamiento y transporte. Así nacieron, de forma independiente y en tres focos del planeta, tres soportes fibrosos de características muy similares: en el Mediterráneo el papiro, en América el papel precolombino, y en el Extremo Oriente el papel, tal y como lo conocemos en nuestros días”.

El Archivo General de la Nación hace énfasis en la conservación preventiva, entendida como estrategias de orden político u operativo que directa o indirectamente contribuyen al mantenimiento de los bienes de Archivo (García, 1994).

2.2. El papel

2.2.1. Definición

Generalmente se designa como tal un material compuesto por fibras vegetales, pero a veces minerales, animales o sintéticas (Mosquera, 2000). Según Asunción (2001), se llama papel a “aquella hoja delgada que se obtiene a partir de la unión física de materias fibrosas, principalmente celulosa, previamente hidratadas”. El nombre “papel” se deriva del vocablo griego *pápyros* (*cyperus pápyros*), proveniente de una antigua planta egipcia (Mosquera, 2000).

2.2.2. Breve historia del papel

“El principio técnico de la formación del papel fue formulado por un chino llamado Han Hsin (247 a 195 a.C). Este hombre fue el primero en aprovechar el tejido apelmazado procedente de los restos de los capullos de seda en los tambores de lavar y blanquear, usándolo como relleno entre dos tejidos y creando así la boata, tan útil como sistema de abrigo” afirma Asunción (2001).

Según Cagliani (2003): “el primero en fabricar papel, en el año 105, fue Cai Lun (o Tsai-lun), un eunuco de la corte Han oriental del emperador chino Hedi (o Ho Ti). El material empleado fue probablemente corteza de morera, y el papel se fabricó con un molde de tiras de bambú. El papel más antiguo conservado se fabricó con trapos alrededor del año 150. Durante 500 años la técnica de cómo fabricar papel estuvo sólo en conocimiento de China. El empleo del papel fue introducido en Europa por los árabes, y la primera fábrica de papel se estableció en España alrededor del año 1150. A lo largo de los siglos siguientes, la técnica se extendió a la mayoría de los países europeos. La introducción de la imprenta de tipos móviles a mediados del siglo XV abarató enormemente la impresión de libros y supuso un gran estímulo para la fabricación de papel”.

En los siglos XVII y XVIII se aumentó el uso del papel, lo que llevó a una escasez de trapos. A partir del año de 1778, el inventor francés Nicholas Louis Robert, creó la primera máquina para la fabricación del papel, dejando a un lado el proceso de moldeado a mano que era lo que usualmente se hacía. Afirma Cagliani (2003) que “la máquina de Robert fue mejorada por dos papeleros británicos, los hermanos Henry y Sealy Fourdrinier, que en 1803 produjeron la primera de las máquinas que llevan su nombre”. Y Asunción (2001) enfatiza: “el problema de la fabricación de papel a partir de una materia prima barata se resolvió con la introducción del proceso de trituración de madera para fabricar pulpa, alrededor de 1840, y del primer proceso químico para producir pulpa, unos 10 años después”.

2.2.3. Características físicas del papel

Las características físicas del papel determinan la calidad del soporte y su comportamiento frente a tratamientos de conservación o exhibición:

- **Tipos de fibra.** Muchos de los papeles están compuestos por celulosa, su componente mayoritario; otros contienen materiales asociados como hemicelulosa y lignina. Las fibras para hacer el papel son obtenidas directamente de la planta o son derivados de trozos textiles (AIC, 1994).
- **Color.** El color del papel tiene dos aspectos, el original y el color brindado después de los tratamientos.
 - Color natural de las fibras: se generan diferentes tonalidades dependiendo de su origen y del proceso.
 - Procesado: el tono natural puede resultar del tratamiento de las fibras en el proceso de decoloración, aunque algunas pueden tornarse amarillentas.

- Purificación con agua: impurezas de hierro y cobre en el agua, usada en la fabricación del papel, pueden comunicar un color amarillento al papel. Para contrarrestar este efecto, se utilizan altas concentraciones de calcio, el cual ayuda en el blanqueamiento del mismo (Peña y Zambrano, 2003).
- **Absorbancia.** El papel tiende a absorber agua con mucha facilidad, este efecto puede o no ser uniforme en todas las direcciones dependiendo de la manufactura del papel. Esta característica esta influenciada por la naturaleza higroscópica de la celulosa y por la porosidad de la estructura del papel, esta característica se puede disminuir por la adición de gomas, gelatinas y resinas (AIC, 1994).

2.3. Constitución del papel

Para la fabricación de papel la materia prima más importante es la madera (Child, 1999). Este autor sostiene que “la lámina que es fabricada con esta pasta tiende a ser más frágil y pierde su color más fácilmente que la manufacturada con trapos, la cual se utiliza en la elaboración de papel manual y semi-industrial; aunque su resistencia y estabilidad depende en gran parte del procedimiento seguido en su fabricación. El papel posee otras sustancias tales como resinas, materias colorantes, ácido tánico, almidón, azúcar, potasio, calcio, magnesio, etc.”

2.3.1. Fibras

“Las fibras de algodón son finas, flexibles, muy elásticas y suaves pero menos resistentes que las anteriores; con éstas se fabrica el papel secante y el papel para impresiones tipográficas, calcográficas, litográficas. Las fibras de lino son finas, resistentes, muy flexibles, son apropiadas para la fabricación de papel fino, fuerte y resistente. Las fibras de cáñamo son aún más resistentes que las de lino, pero son rígidas y ásperas, en relación con las anteriores y se usan para hacer papeles muy resistentes pero toscos. Las fibras de yuta son finas elásticas pero menos resistentes que las de algodón”. Maynor (1998) y Peña y Zambrano (2003)

Varias propiedades son las que hacen de las fibras celulósicas de origen vegetal un componente esencial para el papel. Entre ellas se encuentran:

- Resistencia a la tracción.
- Capacidad de adaptación (flexibilidad, conformabilidad).

- Resistencia a la deformación plástica.
- Insolubilidad en agua.
- Amplio intervalo de dimensiones.
- Buena capacidad para retener aditivos modificantes.
- Notable estabilidad química.
- Blancura.
- Carácter de recurso renovable (Asunción, 2001).

En la actualidad para la extracción de fibras vegetales se utiliza madera de troncos de árboles en más de un 90%, debido a “la proporción de fibra aprovechable del árbol, la abundancia y gran variedad de especies y los bajos costos de almacenaje y tratamiento. Todos estos factores hacen de las fibras madereras unas fibras económicas y de mucha calidad” afirma Asunción (2001).

2.3.1.1. Composición química de la fibra

La celulosa.

La estructura química de la celulosa se forma por uniones entre moléculas de glucosa; sus fibras pueden adherir lignina, sustancia que le refuerza, confiriéndole consistencia y rigidez (CMPC, 2005).

Según Alexander (1994): la celulosa es un carbohidrato que se forma de glucosa. Constituye una larga cadena lineal que une los restos de la glucosa por enlaces β en los átomos de carbono 1 y 4. “El polisacárido está localizado en la pared celular donde se encuentra no como en cadenas simples sino como unidades submicroscópicas de forma alargada conocidas como micelas. Estas se arreglan en estructuras más grandes, las microfibrillas. En la pared celular, la celulosa probablemente está organizada en unidades discretas separadas por un espacio, el cual, en el tejido maduro de las plantas están comúnmente lleno de lignina”.

Una característica de la celulosa es la de ser higroscópica: absorbe el agua y se expande. Este polímero aunque insoluble en agua, se degrada en su presencia por varias vías: “hidrolítica, oxidantes, alcalina, térmica, microbiológica y mecánica” dice Asunción (2001).

Como se había mencionado, los árboles constituyen la principal fuente de celulosa a nivel mundial (más del 90%); otros aportes pueden provenir de pastos, bambúes, bagazos, algodones, linos, cáñamos y otros.

Dependiendo del proceso de producción, las celulosas se clasifican en:

- **Celulosa química:** El producto que se obtiene de la cocción química de la madera con diferentes sustancias a alta presión y temperatura, con el fin de disolver la lignina y obtener las fibras o celulosas (CMPC, 2005).



Fig. 1. Celulosa cruda o kraft.

Fuente: http://www.papelnet.cl/celulosa/tipos_celulosa.htm

Este proceso químico para la obtención del papel intenta lograr un material con alto contenido de celulosa, por lo que comprende procesos que extraen las sustancias no celulósicas (Beck, 1992). Básicamente se realiza una digestión en la cual se emplean sustancias químicas, alta temperatura y presión. Un primer proceso llamado “al sulfito” producía papeles ácidos, debido al empleo de dióxido de azufre. Actualmente los procesos “a la soda y al sulfato” son alcalinos alcalinos y de menor perjuicio para las fibras. La pulpa al sulfato conocidos como kraft, es un proceso industrial ampliamente usado (Fig. 1) conduce a mejores calidades, siendo un necesario blanqueamiento con el objeto de atender exigencias de actividades gráficas.

- **Celulosa Mecánica,** producto del proceso a través del cual la madera es molida y triturada mecánicamente, siendo sometida a altas temperaturas y presiones (CMPC, 2005).



Fig. 2. Celulosa Oblanqueada: celulosa química.
Fuente: http://www.papelnet.cl/celulosa/tipos_celulosa.htm

El proceso mecánico, es el proceso por el cual la madera o los “trozos de madera” se desfibran mediante materiales abrasivos al agua, con el fin de disminuir el calor y por ende, algún daño en las fibras. Posteriormente, mediante agentes clorados, la pulpa es apenas blanqueada para así conservar las sustancias no celulósicas (Beck, 1992).

Papeles tales como el rayón y el celofán son preparados de celulosa regenerados a partir de una solución de un álcali más vapores de disulfuro de carbono. Los acetatos de celulosa se hilan en filamentos delgados con los que se confeccionan tejidos; también son de éste mismo material las modernas películas fotográficas; con estos compuestos se elaboran los vidrios inastillables de seguridad y ciertos materiales de moldeo. Los éteres de celulosa se emplean en la elaboración de papel, adhesivos, jabones y resinas sintéticas (Paubert, 1998; Peña y Zambrano, 2003).

Hay un tercer proceso, que se denomina **proceso mecánico – químico**, que se fundamenta en dos periodos: primero el desfibramiento mecánico y el segundo con procesos químicos, con los cuales los compuestos no celulósicos no se llegan a extraer. Sin embargo, es un proceso en desuso debido a que contiene algunos elementos que propician el deterioro del papel (Beck, 1992).

La hemicelulosa.

La hemicelulosa hace parte de aquellos polisacáridos diferentes al almidón y a la celulosa, (Villegas, 2005). Aunque es un polímero complejo se degrada con más facilidad que la celulosa, sus estructuras se asocian a ésta creando un soporte en la pared celular, además que “son muy hidrofílicas. Promueven la fibrilación interna de la fibra, mejoran su flexibilidad, facilitan el refinado y aumentan la capacidad de enlace entre fibras” (Asunción, 2001).

La mayoría de las hemicelulosas llevan la terminación *ano* en sus nombres y todas se consideran como *glicanos*, estando el prefijo *gli* referido a un azúcar simple no especificado (Alexander, 1994). Esta clase de polímeros se divide en dos categorías:

- **Homoglicanos.** los cuales contienen un solo tipo de monosacáridos que usualmente no constituyen la mayoría de las hemicelulosas en una planta. Los homoglicanos típicos son el xilano, manano o galactano, los cuáles son polímeros que contienen unidades de xilosa, manosa o galactosa;
- **Heteroglicanos.** son frecuentemente abundantes, contienen más de una clase de monosacárido o ácido urónico y de 2 a 4 ocasionalmente 5 o 6 azúcares diferentes coexisten en la molécula (Alexander, 1994).

La lignina.

Se trata de un polímero abundante en las plantas superiores, cuyo principal objetivo es el de incrustarse en el espacio intercelular y en las paredes de la fibra. Su tarea es la de proporcionar rigidez y cohesión además de resistencia a la compresión. Su característica de ser hidrofóbica, dificulta la absorción de agua y por eso, sirve de protección del ataque microbiano, y dificulta el hinchamiento y refinado de la fibra (Asunción, 2001; Atlas & Bartha, 2002).

Se caracteriza por ser una “mezcla de polímeros”, poseer estructura aromática de fenilpropano unidas mediante enlaces carbono-carbono (C-C) éter (C-O-C) en una estructura tridimensional muy compleja y “por un hidrófilo fenólico y tres o más alcohólicos secundarios y terciarios, cargando también un número variable de metóxilos, que varían según el origen y el tratamiento del vegetal en estudio” (Atlas & Bartha, 2002; Bassuare, 2005).

2.3.2. Otros componentes del papel

Encolados.

Las colas o encolados se aplican con dos objetivos: dar una mayor estabilidad y resistencia al papel frente al agua o más bien para obtener las propiedades deseadas. Sin la utilización de las colas “la tinta se correría por el papel al escribir, de modo que el papel más seco y fuerte del mundo se desharía en nuestras manos al caerle agua encima” afirma Asunción (2001).

De acuerdo con el origen de la cola, existen tres tipos de colas:

- **Cola animal:** antiguamente se preparaba de manera casera hirviendo en calderos los retales de los curtidores y los desperdicios de los carniceros (por ejemplo: pieles, huesos, cartílagos, etc.), con el objetivo de obtener una gelatina de grasa. En este momento lo más recomendable es usar las colas provenientes de la cabra, cordero o carnero, puesto que el producto final es una cola más blanca. Lo ideal es utilizar las colas provenientes de pescado. En general “la cola animal da un tono amarillo al papel, así como un brillo y carteo característicos más duros y metálicos que con otras colas” reporta Asunción (2001).
- **Cola vegetal:** las colas vegetales pueden ser de almidones de harina (como las de trigo o arroz) además de resinas que provienen de una depuración en la cual se disuelve agua caliente, la pasta de papel y ciertas proporciones de materiales alcalinos como la soda cáustica o el carbonato sódico. En las cartulinas se utiliza la cola de cera, que mezclada con almidones reducen considerablemente la velocidad de penetración de los fluidos (es decir, el tamaño de los poros superficiales del papel) (Asunción, 2001).
- **Cola sintética:** son resinas producidas por condensación, polimerización o ambos, de algunos compuestos orgánicos como alquil-cetona, poliamidas, ácidos grasos y acrílicos, entre otros (Peña y Zambrano, 2003).

Cargas.

El papel fundamental de las cargas es la del “relleno”, puesto que se añaden a la pulpa celulósica para mejorar ciertos aspectos del papel: por ejemplo su impresión, resistencia (a la tensión, explosión, dobléz o humedad). Las cargas rellenan los vacíos existentes en las fibras con lo cual “los papeles adquieren una superficie uniforme, al mismo tiempo se ablandan, reducen su transparencia y mejoran las condiciones para la impresión” (Torres, 1990).

“Se denominan cargas porque modifican el peso del papel, lo que abarata su coste en celulosa. Pueden reducir la proporción de fibra celulósica en una hoja de un 5 a un 40%; lo que representa claro está, un inconveniente para la durabilidad del papel a medida que se reduce la pureza de su composición” afirma Asunción (2001).

Las cargas pueden ser, según su origen:

- Animales: colas de orejas, cartílagos, cueros, etc.
- Vegetales: almidones de arroz, trigo o tapioca, resinas y gomas, etc.
- Minerales: carbonato de cálcico, caolín, talco, dióxido de titanio, etc. Siendo éstas las mas comunes para hacer los papeles estucados (Asunción, 2001; Flórez y Russi, 2000).

2.4. ¿Cómo se fabrica el papel?

2.4.1. Fabricación industrial del papel

Para ello, las fibras necesarias se mezclan, en las proporciones requeridas, en una gran cuba llamada pulper, que actúa como una juguera, formando una pasta acuosa que contiene las fibras. Esta pasta cae luego sobre una tela móvil o fourdrinier donde se produce el entrecruzamiento de las fibras. A medida que la tela avanza, se drena el contenido de agua de la pasta, donde queda sobre la tela una película de fibras húmedas que constituyen la hoja de papel (CMPC, 2005).

Para poder aumentar el peso o gramaje de los papeles, se agrega una mayor cantidad de fibras en la pasta, cuyo objetivo es incrementar la densidad de ésta. Según CMPC (2005), “otra alternativa es juntar tres o más hojas de papel en una sola, como ocurre en el caso de las cartulinas múltiplex. En este caso, las hojas provenientes de tres telas se juntan en una sola antes de pasar por la prensa y, para facilitar su pegado, se les agrega un adhesivo en base a almidón”. El motivo del prensado es “aumentar la fuerza de cohesión; al reducir el porcentaje de agua bajo presión, también se elimina el aire y el espacio que queda entre fibra y fibra. Además, el prensado acelera el proceso de deshidratación de la hoja, por que el secado dura mucho menos que si lo extendiésemos en un molde” (Asunción, 2001).

Para los papeles o cartulinas que serán destinados a usos en los que la impresión es muy importante, se requiere una superficie muy tersa y brillante. Esto se logra aplicando una fina capa de pintura que permite obtener papeles o cartulinas estucadas; el papel o cartulina pasa por un rodillo aplicador que contiene esta pintura y luego se elimina el exceso raspando con un cuchillo, el cual deja lisa y pareja la superficie estucada. Como el estuco moja el papel, éste requerirá de secado adicional en los cilindros secadores. Por último, el papel o

cartulina es rebobinado en la parte final de la máquina, resultando un rollo listo para ser usado o para ser cortado y convertido a resmas de diversos tamaños (CMPC, 2005).

2.4.2. Fabricación de papel manual

El proceso básico de la fabricación de papel no ha cambiado a lo largo de más de 2000 años, e implica dos etapas: trocear la materia prima en agua para formar una suspensión de fibras individuales y formar laminas de fibras entrelazadas, extendiendo dicha suspensión sobre una superficie porosa que pueda filtrar el agua sobrante (Montalvo, 2005).

La primera parte se basa en colocar la materia prima (paja, hojas, corteza, trapos, u otros materiales fibrosos) sobre una tina o batea y golpearla con un mazo pesado con el fin de separar las fibras. Durante ésta primera parte, se eliminan las impurezas lavando el material con abundante agua limpia, sin embargo cuando las fibras se han troceado lo suficiente es mejor mantenerlas en suspensión sin cambiar el agua de la tina. El producto se conoce como pasta primaria y está listo para la fabricación de papel (Montalvo, 2005).

La pasta primaria se coloca dentro de un molde que no es otra cosa que una tela de metal con mallas cuadradas o rectangulares. Se sumerge en una tina, se coloca en un bastidor de madera, el molde se agita en todos los sentidos, lo cual favorece a la distribución uniforme de la mezcla y que las fibras adyacentes queden entrelazadas para proporcionar la resistencia de la hoja además de filtrar el agua a través de la tela metálica. Paso a seguir es retirar el molde del bastidor, colocar suavemente una encima de la otra, capas de fieltro; y someter la pila de hojas a una gran presión con lo que se expulsa una cantidad grande de agua. Cuando se separan las hojas de papel de los fieltros, se apilan y se prensan varias veces, para mejorar la superficie del papel terminado; la etapa final consiste en el secado, en el cual el papel se cuelga de una cuerda (cuatro o cinco) en un lugar de secado especial hasta que la humedad se evapora casi por completo (Montalvo, 2005).

“Los papeles que se vayan a emplear para escribir o imprimir exigen un tratamiento adicional después del secado, porque absorberían la tinta y las imágenes y el texto quedarían borrosos. El tratamiento consiste en conferirle apresto al papel sumergiéndolo en una solución de cola animal, secar el papel apresando y prensar las hojas entre laminas de metal o de cartón liso. La intensidad del prensado determina la textura de la superficie del papel, los papeles de textura rugosa se prensan ligeramente durante un periodo relativamente corto, mientras que los de superficie lisa se prensan con más fuerza y durante más tiempo” reporta Montalvo (2005).

2.4.3. Papel Bond

Es el papel que normalmente se utiliza para mecanografiar, confeccionar cuadernos, libretas, blocks, papel tapiz, etc. Se fabrica en gramaje de 60g/m², en blanco y colores amarillo, azul, verde y rosado; y en gramajes de 75 g/m² y 90 g/m² en blanco. Está constituido por diversas clases de celulosas, excluyendo la pasta mecánica, o exclusivamente con pastas blanqueadas o bien con mezclas de éstas. Su calidad va en aumento con el contenido de celulosa blanqueada (Alcalde, 1980; Peña y Zambrano, 2003).

2.4.4. Papel periódico

La composición de papel periódico se basa en pulpa química kraft semi-blanqueada, pulpa mecánica y sulfato de aluminio cuya proporción es de un 16, 84 y 1.5% respectivamente. Otros de sus componentes son lino (3%), bagazo de caña (17%), confiera (40%) y pino (40%) (Peña y Zambrano, 2003).

2.5. Tintas

Las tintas se constituyen por un pigmento, el cual es responsable del color y un diluyente, el cual se responsabiliza por su fluidez y dispersión. Son transparentes, por ello debe depositarse en un soporte difusor que en este caso en particular es el papel. Para su fijación es necesario aplicar al soporte un tipo de adhesivo o aglutinante, o más aún, se debe a reacciones químicas producidas por removedores ácidos, los cuales interactúan con el pigmento y el soporte (Beck, 1992; Massy, 2000).

“Las más antiguas tintas caligráficas conocidas –cerca de 2.500 años a.C.- provienen de Egipto y de China, y eran compuestas básicamente de negro de humo mezclado con aglutinantes, como la goma arábiga y el pegamento de pescado. Su durabilidad se debe a la calidad de sus componentes fundamentales, en especial el pigmento. Con algunos cambios en su composición esta tinta fue llevada a Europa y utilizada en forma casi exclusiva hasta el siglo XV “, afirma Beck (1992).

2.5.1. Tinta china

Este tipo de tinta se caracteriza por contener partes colorantes insolubles, con la particularidad que han sido agregados en un medio de solución, para evitar la precipitación del pigmento colorante y asegurar su fijación al papel (AIC, 1994).

Se puede aplicar normalmente sobre papel o seda, debido a que ambos tienen las cualidades requeridas para un secado fácil y una fijación normal. Es elaborada a partir de carbón vegetal, y entre más añeja mejor permite observar la variedad de matices. La tinta china suele parecer a la vista de los occidentales monocroma, negra o gradada en grises, pero no es así (Beck, 1992).

2.5.2. Tinta ferrogálica

Se compone principalmente de sulfato de hierro, ácido galotánico y un aglutinante, componentes de la goma arábiga diluida en agua. El color característico de esta tinta es proporcionado por la reacción del ácido galotánico, que en términos químicos es un tanino extraído de la nuez de galla, más el sulfato de hierro. El producto denominado tanato ferroso, presenta una coloración débil cuando se aplica sobre el papel, sin embargo, al reaccionar con el oxígeno toma un color castaño oscuro por lo que se categoriza como tinta negra (Beck, 1992; AIC, 1994).

La corrosión del papel, observada en muchos manuscritos con tintas ferrogálicas, está intrínsecamente ligada a sus componentes básicos. El sulfato de hierro, además de su oxidación, cataliza el dióxido de azufre, proveniente del aire contaminado, formando así el trióxido de azufre y éste, con la humedad, el ácido sulfúrico. Existen diversos estudios que se refieren a la acción de microorganismos que se instalan específicamente en estas tintas, proporcionándoles cambios químicos y acelerando su proceso (Beck, 1992). Microorganismos como *Penicillium* sp y *Aspergillus* sp, pueden alterar las tintas decolorándolas debido a la acción de las enzimas producidas en su metabolismo (Peña y Zambrano, 2003).

2.5.3. Tinta de impresora

Esta clase de tinta se distingue de las demás puesto, que están elaboradas a partir de ciertos parámetros entre los cuales se incluye: densidad, adherencia, tiempo de absorción y

secado, los cuales cumplen con normas específicas de acuerdo a cada empresa. La mayoría de sus constituyentes son componentes sintéticos, muy diferentes a los componentes vegetales y animales usados para la elaboración de tintas caligráficas (Beck, 1992).

Muchas de las tintas modernas se caracterizan por tener como disolvente una sustancia grasosa especial. Los aceites utilizados como aglutinantes son semisintéticos, y tienen la ventaja de un secado más rápido, lo que permite mayor velocidad de impresión. “En el momento de la impresión, la tinta es empujada hacia los poros del papel. El aire que los ocupa es expulsado. La blancura del papel, tanto en su parte anterior como posterior, no interviene más que el efecto de contraste entre las partes impresas y las que no son” (Massy, 2000).

2.5.4. Tinta estilográfica

Pueden ser fabricadas bajo diferentes fórmulas que deben ser estudiadas, debido a que varían de acuerdo a su tratamiento de acción y fabricación. Son tintas cuyo lubricante esta compuesto de base de aceite, y son muy solubles en alcohol, que es un factor que puede usarse para atenuar o corregir pequeños errores (AIC, 1994).

2.6. Factores decisivos en el deterioro del material de archivo

Además del deterioro causado por los componentes inestables e incompatibles existentes en el papel, denominados factores intrínsecos, los documentos sufren otros daños por efectos externos o extrínsecos, los cuáles pueden estar ligados a causas de orden físico, físico-mecánico, químico o biológico (Beck, 1992).

Entre los agentes físicos se denotan la luz, la humedad y la temperatura, siendo éstos dos últimos de mayor relevancia.

- **Temperatura y humedad**

La temperatura juega un papel importante debido a que “cuanta más alta sea la temperatura más intensamente se desencadenan las reacciones químicas degradantes, como la oxidación con ruptura de enlaces químicos y la pérdida de las propiedades de los materiales”, según Beck (1992). La celulosa por ejemplo, tiende a sufrir procesos de

hidrólisis, y materiales como el cuero y pergamino, pierden su flexibilidad por la degradación del colágeno (Beck, 1992).

Con la temperatura las reacciones químicas se incrementan con un aumento de 10°C. Según Maynor (1998), en el caso especial de la celulosa, las pruebas artificiales de envejecimiento indican que cada incremento de 5°C casi duplica la tasa de deterioro, aun en ausencia de luz, contaminantes y otros factores.

En cuanto a la humedad relativa ésta se define como “la cantidad de vapor de agua que contiene un determinado volumen de aire a cierta temperatura, y la cantidad máxima de agua que éste volumen podría contener si se realizara el fenómeno de la condensación” según Beck (1992). Su aumento o descenso, produce una tasa de biodeterioro sobre el papel considerable, debido a que puede conllevar a un alto crecimiento microbiano.

Se reportan que humedades relativas menores al 40% determinan ambientes secos con alta capacidad para recibir agua en forma de vapor; por el contrario, ambientes con una humedad relativa superior al 60% son considerados como húmedos, con baja capacidad para recibir vapor de agua (Guerrero, 1997).

2.6.3. Agentes químicos

Entre los factores químicos de deterioro del papel, se encuentra el polvo, los gases y las partículas contaminantes que catalizan reacciones nocivas, además de la producción de ácidos, decoloración y debilitamiento del papel y los cueros. Se reporta que éstos elementos provienen de fuentes como productos de limpieza, pinturas, adhesivos y la emisión de gases ácidos de algunas maderas (Palma, 2005).

Otros factores, tales como los contaminantes atmosféricos (oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono y el hidrógeno) permiten procesos de combustión, fermentación u oxidación y la hidrólisis de los materiales (Beck, 1992).

2.6.4. Agentes biológicos

Los ambientes húmedos, calientes, oscuros y de poca ventilación son los más propicios para la infestación de microorganismos, insectos y hasta pequeños roedores. En los archivos y bibliotecas de regiones tropicales, donde HR y la temperatura alcanzan niveles elevados,

alrededor de 75% y 30°C, respectivamente, el hábitat es ideal para morada y reproducción; además los documentos y los libros les sirven de alimento. Ahora bien, una variación de éstos factores no impedirá su desarrollo, puesto que poseen grandes facilidades de adaptación (Beck, 1992).

2.6.5. Deterioro del papel por microorganismos

Se encuentran una enorme variedad de seres microscópicos en el aire, en el agua, en los animales, y en los vegetales; su principal transmisión son por corrientes de aire y por la polución. Se clasifican en modo general, en hongos, bacterias, algas y protozoarios, se caracterizan por desarrollarse en diferentes ambientes en donde encuentren nutrientes necesarios para su reproducción, además de factores de humedad y temperatura (Beck, 1992).

El desarrollo inicial de los microorganismos en un documento depende de las características de la superficie y de la higroscopicidad del material. Las superficies lisas son menos susceptibles de crecimiento microbiano que las superficies rugosas, las cuales pueden retener agua más fácilmente y utilizarla para el inicio del desarrollo microbiológico (Bach, 1998).

Los hongos constituyen un problema serio para las colecciones con soporte de papel. Cuando se estudian los hongos se encuentran que de acuerdo a su complejidad celulo-molecular existen dos grandes grupos: uno integrado por microorganismos de carácter unicelular, a los cuales se le denominan “levaduras” y otro, integrado por hongos de constitución bastante compleja de carácter pluricelular denominados “mohos”, que se caracterizan porque su pared tiene como principal componente la quitina, crecen a temperatura ambiente en periodos que van de 7 – 15 días en unas especies hasta un mes y tienen formas y colores distintivos para cada género (Díez, 2003).

La acción de los hongos en el papel se manifiesta cuando aparecen manchas de diversos colores y formas (Tabla 1). Las enzimas producidas como resultado del metabolismo de diferentes especies de hongos y bacterias aceleran el proceso de deterioro de la celulosa y de los adhesivos, pues promueven su hidrólisis. En consecuencia ocurre la transformación de las características físicas y químicas del soporte, que queda con un aspecto poroso y fragmentado (Beck, 1992).

Tabla 1. Mohos contaminantes encontrados en archivos

| GÉNERO | ESPECIE | METABOLITOS PRODUCIDOS | ACTIVIDAD DETERIORANTE |
|---------------------|---|---|---|
| <i>Alternaria</i> | <i>geophila</i> <i>solani</i> | Amilasas Proteasas | Manchas miceliares color pardo, degradación del soporte. |
| <i>Aspergillus</i> | <i>níger</i> <i>versicolor</i> <i>fumigatus</i> <i>flavus</i> <i>oryzae</i> | Celulasas Amilasas Oxidasas Ácido cítrico Ácido láctico Ácido fumárico | Manchas miceliares de diferentes colores, degradación y acidificación del soporte. |
| <i>Cladosporium</i> | <i>cladosporoides</i> <i>variable</i> | Ácido láctico Ácido succínico Ácido fórmico | Decoloración del papel, acidificación, manchas miceliares azul – violeta. |
| <i>Fusarium</i> | <i>solani</i> <i>moniliformes</i> | Celulasas Ácido acético | Manchas rosadas, decoloración y afección de fibras celulósicas. |
| <i>Mucor</i> | <i>racemosus</i> <i>jaranicus</i> <i>spinossu</i> | Proteasas Ácido acético Ácido oxálico | Manchas miceliares color pardo, acidificación. |
| <i>Penicillium</i> | <i>glaucum</i> <i>chrysogenum</i> | Lipasas Celulasas Proteasas Ácido láctico Ácido oxálico | Manchas miceliares de tonos verdes, degradación de las fibras y acidificación. |
| <i>Rhizopus</i> | <i>oryzae</i> <i>arhisus</i> | Celulasas Ácido láctico | Manchas miceliares color pardo, acidificación. |
| <i>Sporotrichum</i> | <i>pulvurulentum</i> | Celulasas Ácido láctico | Manchas miceliares color blanco, pigmentos pardos, deterioro de fibras celulósicas. |
| <i>Trichoderma</i> | <i>lignorum</i> <i>viridae</i> | Celulasas Ácido acético | Manchas color oliva, debilitamiento de fibras celulósicas. |

Fuente: Peña y Zambrano, 2003.

2.6.5.1. Biodegradación fúngica del papel

Los hongos que alteran la documentación poseen una capacidad única de soportar ambientes desfavorables, la cual ha sido concebida gracias a una estructura: las esporas fúngicas, que por resistentes al calor, desecamiento y otras condiciones adversas pueden mantenerse en estado de reposo hasta que encuentren un medio favorable al desarrollo o

germinación, allí empiezan su crecimiento, formando micelio el cual es fundamental; ya que por medio de éste captan todos los nutrientes (Peña y Zambrano, 2003).

En el papel, el principal alimento de los hongos es la glucosa, que es obtenida por la alteración de la molécula de celulosa (Beck, 1992). Su descomposición comienza con la hidrólisis enzimática del polímero, por medio del sistema de celulasas, que convierten la celulosas a mono o disacáridos sencillos solubles en agua que logran penetrar con facilidad la membrana celular; los pasos que siguen a la hidrólisis inicial varía con los organismos responsables, siendo metabolizados los azúcares simples a CO₂, por los organismos aerobios y los ácidos orgánicos por los anaerobios, con el fin de proveer la energía necesaria para las reacciones biosintéticas (Alexander, 1994; Olivero, 2004).

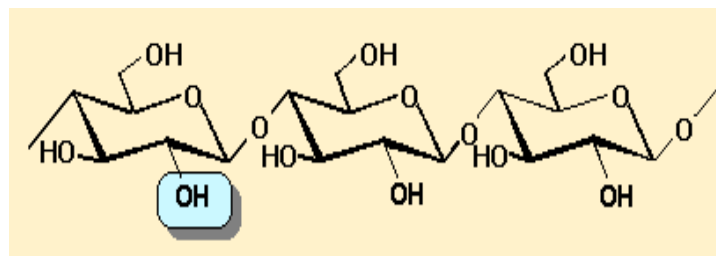


Fig. 3. Molécula de celulosa
Fuente: Chávez, García, Guzmán y Lozada, 2004

Con la hemicelulosa, sus componentes deben ser convertidos a compuestos más simples antes de ser utilizados como fuente de carbono. Muchas enzimas están relacionadas, como regla general pueden estar involucrados tres tipos de catalizadores: a) endoenzimas, que rompen al azar los enlaces entre las partes constitutivas del polímero; b) exoenzimas, que extraen un solo dímero o monómero del extremo de la cadena del polisacárido, y c) enzimas conocidas en conjunto como glicosidasas. La glicosidasa hidroliza los oligómeros o los disacáridos producidos de hemicelulosas por las enzimas que fraccionan el polisacárido y producen el azúcar simple o ácido urónico; éste último es metabolizado dentro de la célula para producir energía (Alexander, 1994).

En la descomposición de la lignina lo que sobresale es su resistencia a la degradación enzimática, y sólo unos pocos microorganismos principalmente hongos y actinomicetos poseen las enzimas necesarias para llevar a cabo su degradación, de la cuál es poca la información que se posee (Alexander, 1994). La biosíntesis de la lignina parte de fenilalanina; la desaminación, hidroxilación del anillo, metilación y reducción del grupo

carboxilo llevan a precursores del alcohol cianamílico, que son polimerizados oxidativamente. La síntesis de la lignina es insólita, ya que la polimerización no tiene lugar en una superficie enzimática, sino que las oxidasas y peroxidasas producen radicales metilquinona muy reactivos que se polimerizan espontáneamente (Atlas y Bartha, 2002).

Además de los carbohidratos requeridos para su crecimiento, los hongos también necesitan de otros nutrientes, tales como el nitrógeno que proviene de los compuestos orgánicos nitrogenados presentes en el papel, tales como impurezas y aditivos. Las condiciones favorables para el crecimiento de los hongos se determinan en un pH de 5 a 6 y una temperatura de 22 a 30°C, siendo que el desarrollo puede ocurrir entre un pH de 2 a 9 y temperatura de 0 a 62°C (Beck, 1992).

2.7. Alternativa de desinfección

2.7.1. Desinfección - definición

Aunque se conocen muchas definiciones, la más acertada es la que expone la Asociación Suiza de Microbiología que señala: “**Desinfección** es la adecuada eliminación de determinados microorganismos nocivos mediante actuación sobre su estructura o metabolismo, independientemente del estado funcional, con objeto de impedir su desarrollo” (Wildbrett, 2000). El objetivo de la desinfección se completa con el uso de **desinfectantes**, que son productos biocidas (también conocidos como agentes antimicrobianos) que al contacto destruyen o inactivan microorganismos patógenos (Peña y Zambrano, 2003).

2.7.2. Uso de agentes antimicrobianos para eliminación de microorganismos

Un agente antimicrobiano es aquel que mata o inhibe el crecimiento de microorganismos. Este puede ser sintético o natural; los agentes que matan a los microorganismos suelen denominarse agentes microbicidas, con prefijo que indica el tipo de microorganismo que mata (Flórez y Russi, 2000).

En otra definición, los agentes antimicrobianos son sustancias capaces de inhibir la capacidad de multiplicación de los microorganismos (Aldana y Sarassa, 1999).

Las sustancias biocidas empleadas para la eliminación de microorganismos deben tener los siguientes requisitos: amplio espectro, rápida acción, ausencia de interferencia con el

material constitutivo, baja toxicidad para la salud humana, bajo riesgo de contaminación ambiental, fácil de usar y debe ser un material estable (Videla, 2001; Díaz, 2003).

Para su uso en documentación de carácter histórico, debe tenerse en cuenta que muchos de los soportes por su constitución física y química pueden verse afectados en el momento de la aplicación de los desinfectantes. “Un desinfectante ideal no debe dejar residuos nocivos en los objetos, no puede provocar afectaciones en las propiedades de los materiales constituyentes, ni acelerar las reacciones de la degradación con el tiempo, debe ser de rápida acción, de forma tal que en un tiempo breve la contaminación pueda ser eliminada; tener un elevado poder de penetración de manera que pueda llegar al interior del volumen del objeto; no provocar transformaciones en los materiales; no dejar remanentes tóxicos y ser altamente económico” (Peña y Zambrano, 2003; Flórez y Russi, 2000).

2.7.2.1. Modo de acción de los agentes antimicrobianos

Para la deseada reacción entre el agente antimicrobiano (desinfectante) y los microorganismos a combatir, constituye un importante requisito el contacto entre ambos, en el que se da lugar al proceso de la destrucción (Wildbrett, 2000).

Los agentes antimicrobianos pueden afectar las células en forma muy diversa. A concentraciones altas, algunos pueden precipitar proteínas, pueden romper la membrana celular o causar antagonismo químico al interferir con las reacciones enzimáticas o remover su grupo sulfhidrilo libre (Aldana y Sarassa, 1999; Merlano y Rincón, 1999). Se encuentran como mecanismos de acción:

- a) **Daño al DNA:** cierto número de agentes antimicrobianos actúan dañando el DNA, entre éstos se incluyen las radiaciones ionizantes, la luz UV y los compuestos químicos que reaccionan con éste ácido, en la última categoría están los agentes alquilantes. Las lesiones al DNA son la destrucción de la célula por interferir en la replicación del DNA (Koneman, 2001).
- b) **Desnaturalización de proteínas:** se presenta cuando hay fragmentación de la estructura terciaria de la proteína efecto que puede ser producido por factores físicos o químicos (Aldana y Sarassa, 1999; Sykes, 1978).

- c) **Rompimiento de la membrana:** o en su caso de la pared celular, la membrana celular actúa como una barrera selectiva, dejando pasar algunos solutos a través de ella y excluyendo otros, de tal forma que algunas sustancias que se encuentran en su superficie pueden alterar las propiedades físicas y químicas de la membrana impidiendo su función normal, matando e inhibiendo en esta forma la célula. La pared celular actúa como una estructura de sujeción, protegiendo a la célula de lisis osmótica. Así los agentes que destruyen la pared (lisozima) o impiden su síntesis normal, pueden traer consigo la lisis de la célula (Aldana y Sarassa, 1999; Flórez y Russi, 2000; Wildbrett, 2000).

- d) **Eliminación de grupos sulfhidrilo libres:** algunos agentes oxidantes interfieren en el metabolismo ligando grupos sulfhidrilo vecinos para dar uniones disulfuro, existen en las células muchas enzimas que contienen grupo sulfhidrilo, por consiguiente, los agentes oxidantes causan un daño considerable (Kagan, 1984; Wildbrett, 2000).

- e) **Antagonismo químico:** es la interferencia de un agente químico en la reacción normal que se da entre una enzima específica y su sustrato, de tal forma que un antagonista se puede combinar con una enzima por su afinidad química con respecto a un sitio esencial (Aldana y Sarassa, 1999). Las enzimas efectúan su actividad catalítica en virtud de su afinidad con los sustratos naturales, de ahí que un compuesto que estructuralmente se asemeja a un sustrato en sus aspectos esenciales puede también tener afinidad con la enzima. Si ésta afinidad es lo suficientemente grande, el análogo desplazaría al sustrato normal de la enzima e impedirá que tenga lugar la reacción adecuada (Wildbrett, 2000; Sykes, 1978).

2.7.2.2. Valoración de la actividad microbicida de los agentes antimicrobianos

Desde hace años se conocen diferentes técnicas de actividad microbicida para evaluación de desinfectantes. Generalmente pueden tenerse para la valoración tres perspectivas: la eficacia inmediata de la formulación, la persistencia antimicrobiana de la efectividad y la persistencia antimicrobiana de la formulación (Guevara, 1997).

Los métodos estándares de laboratorio incluyen algunos métodos que han sido aceptados o sancionados por la agencia de regulación en un país específico. En países como Estados Unidos, para la evaluación de germicidas los aprobados por la "Asociación de Análisis Químicos Oficiales" (AOAC), son usados generalmente para la determinación de la dilución

de uso óptima de un germicida utilizado para una aplicación específica, estos germicidas satisfacen los requerimientos exigidos por la “Environmental Protection Agency” (EPA), para el registro en la “The Federal Insecticide, Fungicide, Rodenticide Act” (FIFRA) con uso de microorganismos que representan el medio ambiente de las superficies (Hans, 1978).

Para el uso de éstas técnicas, se recomienda preparar al menos tres soluciones de la muestra: la que recomienda el fabricante, una solución más concentrada y otra de menor concentración que la recomendada. Se deben valorar muestras tomadas después de 5, 10 y 15 minutos (Luna, 1994).

2.7.3. Clasificación de los agentes antimicrobianos de importancia para el estudio

2.7.3.1. Fenol y compuestos fenólicos

Diferentes compuestos fenólicos constituyen la base de muchos desinfectantes corrientes, empleándose a veces para sustituir a los hipocloritos (Martí *et. al.*, 2005). Los fenoles se obtienen al sustituir un hidrógeno por el grupo OH en una estructura aromática con el benceno. Estos compuestos actúan desnaturalizando las proteínas de la célula y dañando las membranas celulares (Mateos, 2005) y algunos residuos reducen considerablemente la tensión superficial, propiedad que contribuye a su acción antimicrobiana (Flórez y Russi, 2000).

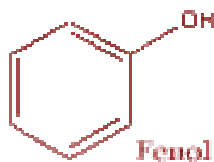


Fig. 4. Molécula del fenol y compuestos fenólicos.
Fuente: <http://med.javeriana.edu.co/fisiologia/fw/c712.htm>

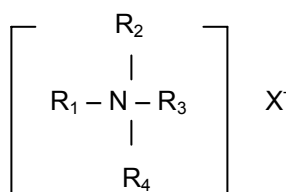
Los compuestos fenólicos son bactericidas o bacteriostáticos, dependiendo la concentración a la que se usen. Las esporas bacterianas y los virus son más resistentes que las células vegetativas. Algunos compuestos fenólicos son altamente fungicidas, y su actividad se reduce a pH alcalino, por materia orgánica, a bajas temperaturas y en presencia de jabón (Mateos, 2005; Wildbrett, 2000). El fenol puro es cristalino e incoloro y se emplea en soluciones acuosas entre 2 y 5% para desinfectar materiales, instrumentos y utensilios (Flórez y Russi, 2000).

Su principal acción se concentra en la desnaturalización de proteínas, dañando las membranas celulares e inactivando enzimas irreversiblemente (oxidadasas y deshidrogenasas de membrana) y algunos reducen notablemente la tensión superficial (Ortega, 2002).

Los cresoles son derivados fenólicos y son mucho más germicidas que el fenol, tiene solubilidad limitada en agua pero forman rápidamente emulsiones en jabones líquidos y álcalis, así es como se emplean para aplicaciones prácticas. Sin embargo, están siendo reemplazados por otros compuestos fenólicos como el orto-fenilfenol. Entre los derivados fenólicos más comunes se encuentran: o-cresol, m-cresol, p-cresol, o-fenilfenol, hesilresorcinol y el hexaclorofenol (Flórez y Russi, 2000).

2.7.3.2. Compuestos de amonio cuaternario.

Los compuestos de amonio cuaternario, conocidos como “cuaternarios”, “quats” y “QAC” son esencialmente sales de amonio con algunos o con todos los átomo del ión $(\text{NH}_4)^+$ sustituidos por grupos alquilo o arilo; el anión generalmente es un cloruro o bromuro (Forsythe y Hayes, 2002). La fórmula general es por tanto:



Las sales de amonio cuaternario “se obtienen ordinariamente por alquilación de las aminas terciarias. Entre los agentes de alquilación figuran los haluros, sulfatos y sulfonatos de alquilo” según Kirk & Othmer (1998).

A partir del año de 1935 se empezaron a realizar investigaciones sobre gran número de sales de amonio cuaternario respecto a sus propiedades germicidas y fungicidas. Entre éstas sales figuran gran variedad de compuestos alifáticos, aromáticos y heterocíclicos; todos estos tienen actividad de superficie (Kirk & Othmer, 1998).

La mayor parte de los compuestos de clase germicida, llamada detergentes catiónicos, son sales de amonio cuaternario. Su poder bactericida es alto contra bacterias Gram positivas e incluso muy fuerte con los microorganismos Gram negativos (Forsythe y Hayes, 2002). Los compuestos cuaternarios han demostrado ser efectivos como fungicidas y se les reconoce

su poder contra algunos protozoos patógenos, los que mayor interés han despertado en los últimos años son los cloruros de alquildimetilbencilamonio, también conocidos como cloruros de benzalconio por su potencial poder antimicrobiano (Kirk & Othmer, 1998; Flórez y Russi, 2000).

Comparados con los hipocloritos, los QAC son más caros, esto se debe a que cuentan con propiedades tales como: son poco afectados por la presencia de restos orgánicos, no son corrosivos, no son irritantes de la piel, salvo a grandes concentraciones. Además los QAC mantienen su actividad en un amplio rango de pH, aunque son más activos en condiciones alcalinas débiles, cayendo rápidamente su poder cuando el pH es menor a 5 (Forsythe y Hayes, 2002).

La combinación de propiedades como la actividad germicida, baja toxicidad, solubilidad, no corrosivo y la estabilidad, han dado a los compuestos cuaternarios muchas aplicaciones prácticas para el saneamiento y desinfección (Flórez y Russi, 2000; Peña y Zambrano, 2003).

2.7.4. Productos desinfectantes evaluados en el estudio (Fichas Técnicas).

Para seleccionar el producto que se va a aplicar, es necesario conocer las fichas técnicas de las sustancias utilizadas para higienizar puesto que permiten conocer las características generales, las propiedades, el modo de acción, la clasificación toxicológica, las condiciones de uso, la concentración del producto, y su poder residual. Así mismo, el grado de evaporación de los medios en que será disuelto el producto y sus características. Por lo anotado y con el fin de garantizar un uso más eficaz, se considera poco conveniente diluir el producto seleccionado únicamente en agua, puesto que la incorporación de cantidades significativas de humedad en el espacio ocasionaría incremento del valor de humedad relativa, lo cual tendrá incidencia directa en los contenidos de humedad de la documentación (Guerrero, 2003).

2.7.4.1. Desinfectante C.L.Z. (Mac Clean de Colombia).

El DESINFECTANTE C.L.Z. es un desinfectante con base en sales de amonio cuaternario, específicamente diseñado para el control de bacterias, hongos y algunos virus sensibles al ingrediente activo. Es un producto que por su naturaleza química y su alto efecto residual inhibe el proceso de fermentación y descomposición de material orgánico, evitando malos

olores y posibles contaminaciones en plantas industriales, equipos, productos y recintos en general. Este producto es obtenido a partir de la reacción entre el cloruro de bencilo y una amina terciaria de composición uniforme. Permitiendo de ésta forma que sus propiedades gémicas sean adecuadas para bacterias Gram positivas como para las Gram negativas presentando además tolerancia a las aguas duras (Ficha técnica).

Tabla 2. Especificaciones técnicas desinfectante C.L.Z.

| Propiedad | Especificación |
|------------------------|---------------------------------------|
| Apariencia | Líquido transparente |
| pH (sol. Acuosa 10%) | 6.5 – 7.5 |
| % materia activa | 50 +/- 1.0 |
| Densidad a 25°C (g/cc) | 0.97 +/- 0.02 |
| % amina libre | 40 Max |
| % Clorhidrantes | 10 Max |
| Ingrediente activo | N-alkil dimetil bencil amonio clorado |

Fuente: Gutiérrez, 2005.

Es de anotar que el DESINFECTANTE C.L.Z. posee una carga catiónica, lo que lo hace compatible con productos químicos igualmente catiónicos, ni iónicos o anfotéricos (a pH ácido), superamidas y óxidos de aminas, entre otros; no es compatible con productos aniónicos (detergentes amónicos). Por su naturaleza tensoactivas tiene gran efecto de capilaridad. Lo cual le permite penetrar fácilmente en cavidades e intersticios. Su tensión superficial en soluciones acuosas al 0.1% y 0.5% son respectivamente 37.2 y 36.2 dinas/cm (Ficha técnica).

2.7.4.2. Sani T – 10 (Spartan de Colombia).

SANI T – 10, es un producto muy versátil. Es un excelente desinfectante y sanitizante en muchas áreas, tales como colegios, hospitales, restaurantes, bares e instituciones. Como algicida es ideal para uso en tratamiento de piscinas. Es un BACTERICIDA, FUNGICIDA y VIRUCIDA, propiedades demostradas por métodos oficiales de prueba. Compuesto que en presencia de aguas duras, aún hasta 800ppm, de dureza expresada como CaCO₃. Es un amonio cuaternario (superquat) 80.000ppm (Ficha técnica).

Tabla 3. Especificaciones técnicas desinfectante SANI T-10

| Propiedad | Especificación |
|--------------------|--|
| Presentación | Líquido |
| Color | Transparente, incoloro |
| Peso específico | 0.96 – 0.99 a 20°C |
| pH (concentrado) | 7.0 – 7.5 |
| Estabilidad | Congela y descongela sin perder su transparencia |
| Ingrediente activo | N-alkil dimetil bencil amonio clorado |

Fuente: Spartan de Colombia, 2005.

2.7.4.3. PREVENTOL ® CD 601 (Bayer de Colombia)

Preventol CD 601 es el resultado de una combinación de varios ingredientes activos, los cuáles se han utilizado para prevenir y combatir microorganismos patógenos, usando una concentración mínima en cada aplicación. El producto combina los beneficios de ingredientes activos fenólicos como el p-clorometacresol y el o-fenilfenol, ambos con buena efectividad bactericida y fungicida (Ficha técnica).

Tabla 4. Especificaciones técnicas desinfectante Preventol ®CD 601

| Propiedad | Especificación |
|--|--|
| Presentación | Líquido |
| Color | Opaco |
| pH 0.5% en agua 1.0% en agua 3.0% en agua 4.0% en agua | Aprox. 6.7 6.3 4.0 3.7 |
| Ingredientes activos | Preventol CMK (clorocresol) Preventol O extra (o-fenilfenol) Preventol GDA 50 (glutaraldehído) |
| Otros ingredientes | Surfactantes, solventes, agua y auxiliares |

Fuente: Bayer Andina de Colombia, 2005.

3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Una de las principales causas del deterioro del material documental es el deterioro biológico causado por hongos. La ventaja que poseen es que gracias a su morfología y poderoso sistema enzimático degradan con facilidad las fibras de papel.

Con el fin de evitar el biodeterioro producido por hongos en el patrimonio documental histórico de la Nación, se han adelantado evaluaciones de productos antimicrobianos para determinar su efecto sobre los microorganismos y para establecer su acción sobre la estructura de los soportes analizados; hasta el momento sólo el Timsen (cuyo ingrediente activo es N-Alquil Dimetil Bencil Amonio Clorado, un compuesto de amonio cuaternario) ha cumplido con los requisitos de ser eficiente como desinfectante y de no ocasionar daño sobre las muestras de papel.

Tomando lo anterior como referencia, se adelantó este estudio empleando otros dos materiales químicos con el mismo principio activo para así determinar cual de los dos compuestos es el más apropiado para poder aplicarlo sobre material documental histórico.

Adicionalmente se evaluó una mezcla de dos fenoles y un aldehído, ya que aunque se sabe que estos desinfectantes son eficientes en la eliminación de microorganismos, no se conoce su efecto sobre nuestro soporte de interés.

4. OBJETIVOS

4.1. GENERAL

Estudiar las propiedades fungicidas de tres compuestos químicos y determinar su efecto sobre las propiedades del papel y solubilidad de tintas.

4.2. ESPECÍFICOS

- Determinar la actividad microbicida *in vitro* de dos desinfectantes cuyo principio activo es el cloruro de N-alkil-N-bencil-N,N-dimetilamonio y de un compuesto fenólico.
- Determinar el efecto de los tres agentes antimicrobianos analizados sobre la estructura de tres clases de papel: manual, bond y periodico, mediante pruebas físico – químicas.
- Evaluar el efecto de los compuestos analizados sobre la solubilidad de tres clases de tintas.
- Comparar los resultados de los dos productos evaluados en esta investigación, cuyo principio activo es el cloruro de N-alkil-N-bencil-N,N-dimetilamonio, con los obtenidos en estudios anteriores al Timsen, que es otro amonio cuaternario.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Diseño de la investigación: La investigación realizada fue de tipo experimental y se efectuó en el Laboratorio de Química y Biología del Archivo General de la Nación, institución de carácter público adscrito al ministerio de Cultura desde el año de 1999 y localizado en la Cra. 6 No. 6 – 91 de la ciudad de Bogotá, Colombia.

5.1.1. Población de estudio y variables del estudio: El estudio experimental tuvo en cuenta lo siguiente:

- Tipos de papel: se manejaron muestras de papel bond, papel industrial y papel manual.
- Tipos de Tinta: se hicieron pruebas de solubilidad con las tintas de impresora, china y de bolígrafo.
- Microorganismos: la evaluación de desinfectantes se realizó con *Aspergillus niger*, *Cladosporium sp* y *Penicillium sp.*, microorganismos reportados en estudios anteriores, como los más resistentes y persistentes en el Archivo General de la Nación (Flórez y Russi, 2000).
- Agentes antimicrobianos: se estudiaron dos compuestos de amonio cuaternario tipo cloruro de benzalconio (N-Alquil Dimetil Bencil Amonio Clorado) (C.L.Z. y Sani T – 10) y un compuesto fenólico (Preventol ®CD 601).

5.2. Métodos:

5.2.1. Confirmación de cepas

Se usaron las cepas aisladas en el Archivo General de la Nación; las cepas fueron esporuladas sobre medio PDA (anexo 1), en 10 días fueron transferidas a agar inclinado y se mantuvieron hasta obtener las suspensiones conidiales. Se utilizó medio de la misma

composición de nutrientes para evaluar la supervivencia y viabilidad de las conidias después de la exposición al desinfectante. (Association of Official Analytical Chemists, 1990)

Se almacenó el cultivo stock de hongos en agar PDA inclinado a 2 – 5°C a intervalos menores de tres meses, y se transfirió a agar inclinado fresco, incubando 10 días a 25-30°C y almacenándolo a 2 – 5°C hasta el siguiente periodo de transferencia. (AOAC, 1990).

Se hizo caracterización macroscópica teniendo en cuenta la morfología de la colonia, color y textura. También se tuvo en cuenta la caracterización microscópica de acuerdo a las claves taxonómicas expuestas por Barnett y Hunter (1994). Para el análisis microscópico se recogió una porción de micelio con agujas de disección y se colocó sobre una lámina de vidrio con una a dos gotas de azul de lactofenol (Anexo 2). Esta coloración básica se fundamenta en que las paredes de los hongos por sus radicales glúcidos (Quitina y/o Glucano) reaccionan con el azul de lactofenol tomando una coloración azulosa, coloración que se mantiene gracias al pH ácido que ejerce el ácido láctico y a la glicerina que actúa preservando la integridad celular (Díez, 2002).

El preparado se observó bajo el microscopio en 40x (Madigan, 1998) y teniendo en cuenta forma, tamaño y disposición de las conidias, además de sus modificaciones hifales, se confirmaron las siguientes características:

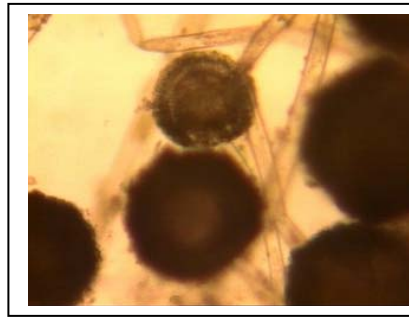
5.2.1.1. *Aspergillus niger*:

Macroscópicamente, las colonias de *Aspergillus niger* comienzan de color blanco inclusive pueden a llegar a ser amarillas, rápidamente se desarrolla un efecto de pimienta negra sobre la superficie a medida que se producen las conidias, que con el tiempo pueden a llegar a ser tan densas como para producir una superficie negra (Fig. 4a). El reverso típico de las colonias es de color crema. (Koneman, 1997; Gilman 1957).

Microscópicamente las hifas no presentan ningún tipo de septación y los conidióforos son largos y lisos; la vesícula es esférica y da origen a grandes métulas y fiálides en forma de botella las cuales producen conidias globosas negras o marrón oscuras que oscurecen la superficie de la vesícula (Fig. 4b) (Koneman, 1997).



(a)



(b)

Fig. 5. a) Observación macroscópica de *A. niger* y b) Observación microscópica de *A. niger*

Fuente: www.doctorfungus.org

5.2.1.2. *Penicillium* sp.

Las especies de *Penicillium* son reconocidas porque sus estructuras son muy densas. Para el reconocimiento de éste género y sus diversas especies se tiene en cuenta si su conidióforo presenta ramificaciones o no, pues algunas especies carecen de ésta característica. Macroscópicamente, las colonias son verde-grisáceas o con los colores verde y gris entremezclados, cafés al envejecer, algodonosas, de crecimiento rápido y amplio, con margen ancho en las primeras fases de desarrollo. Su reverso es ordinariamente amarillo y el medio de cultivo es incoloro, algunas veces sobre las colonias se tiene presencia de exudados de color dorado (Fig. 5a) (Koneman, 1997).

Microscópicamente, los conidióforos emergen por separado y algunos emergen a manera de ramas cortas de hifas aéreas. Las fructificaciones conidiales presentan una o dos ramas alternas. Las fiálides son en forma de botella y se evidencian tres fiálides por conidióforo. Sus conidias son globosas, pequeñas aunque también fusiformes de color azul-verdoso (Fig. 5b) (Koneman, 1997).

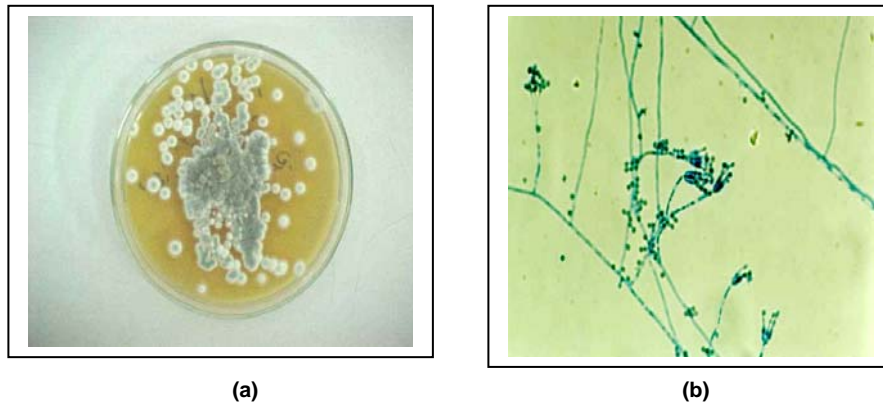


Fig. 6. a) Observación macroscópica de *Penicillium* sp. y b) Observación microscópica de *Penicillium* sp.

Fuente: www.doctorfungus.org.

5.2.1.3. *Cladosporium* sp.

Las especies de *Cladosporium* se encuentran abundantemente en la naturaleza. Vive como saprófito en el suelo pero abunda mucho en agua y en el aire (Merlano y Rincón, 1999). El rango de crecimiento de colonias de *Cladosporium* sp es moderado sobre agar PDA a 25°C. Su aspecto característico es aterciopelado a pulverulento. Similar a otros hongos dematiáceos, su color es verde oliváceo y completamente negro en el reverso (Fig. 6). Muchas especies de éste género no sobreviven a temperaturas por encima de 35°C. Microscópicamente sus conidias son oscuras, sus hifas rectas y septadas de color café oscuro y su forma característica es de palma de coco (Fig. 6) (<http://www.doctorfungus.org/thefungi/Cladosporium.htm>).



Fig.7. Observación macroscópica y Observación microscópica de *Cladosporium* sp.

Fuente: www.doctorfungus.org.

5.2.2. Obtención de recuento inicial

Para la obtención del recuento inicial se recogieron los tubos de ensayo de 20 * 300mm tapón algodón con agar inclinado conteniendo las cepas y se les adicionaron de 20 – 25ml de NaCl 0.85% p/v y Tween 80 al 0.1% v/v, además de 4-5 perlas de vidrio para facilitar el desprendimiento de la mayor cantidad de conidias posible.

Recogida la solución concentrada de conidias se le hizo recuento, usando el montaje en cámara de Neubauer y utilizando sólo la cuadrícula central, contando en cinco de los veinticinco cuadrantes, y mediante la siguiente fórmula (Pedroza, 2003):

$$\text{Conidios / mm}^3 = \frac{\Sigma \text{ conidios x Fd}}{1 \text{ mm x 1 mm x 0.1 mm x 5/25}}$$

El objetivo primordial de ésta metodología es obtener una población alta de microorganismos y evaluar su disminución por medio de la técnica del numeral 5.2.3.

5.2.3. Evaluación de la eficacia fungicida de los agentes desinfectantes (Técnica de dilución en tubo)

La técnica que se usó para la evaluación de actividad fungicida, es una adaptación del método de referencia “Germicidal and Detergent Sanitizing Action of Disinfectants. AOAC 1984 Suspension Test” en fusión con los métodos del British Standards Institution denominados “Antimicrobial Efficacy of Disinfectants for Veterinary and Agricultural Use. B.S. 6734 (1986) Suspensión Test) y “Antimicrobial Value of QAC Disinfectant Formulations B.S. 6471 (1984), este último modificado por el método de referencia Kelsey-Sykes Test B.S. 6905 (1987); fue comparado además en el laboratorio “LMV Ltda.” de Colombia, con el método del Coeficiente Fenólico (NTC 2475) y se pudo apreciar que los resultados eran muy similares (Flórez y Russi, 2000).

Esta fusión fue adaptada y validada por el Dr. Víctor Cotrino y utilizada en la primera evaluación con antimicrobianos por Flórez y Russi (2000) en el Archivo General de la Nación, la diferencia grande de ésta técnica con las de referencia es que se emplean cepas nativas en vez de cepas ATCC y utilizando tres soluciones: la recomendada por el fabricante, una más concentrada y otra menos concentrada, en las mismas proporciones

(50% por arriba y por abajo) o hasta encontrar la ideal para la eliminación de los microorganismos al menor tiempo de exposición.

La metodología empleada siguió los siguientes parámetros:

- a) Se preparó una serie de diluciones de los desinfectantes C.L.Z, SaniT - 10 y Preventol ® CD 601, a las concentraciones requeridas (la recomendada por la casa fabricante, una concentración por arriba y otra concentración por debajo).
- b) Para el desinfectante SaniT-10 se utilizaron concentraciones de 0.125%, 0.0625% y 0.25%, según la técnica DMV Víctor Cotrino. Sin embargo empleándose en su realización 50% por debajo y 100% por arriba de la recomendada por el fabricante.
- c) Para el desinfectante C.L.Z. se utilizaron concentraciones 0.025% v/v, 0.05% v/v y 0.1% v/v. Y para el desinfectante Preventol ® CD 601, las concentraciones utilizadas fueron 1% v/v, 2% v/v y 4% v/v.
- d) Todas las concentraciones se hicieron usando agua destilada como agente diluyente.
- e) Se tomó 1.8ml de cada concentración y se transfirieron a tubos de ensayo de 16 * 150mm tapa rosca, los cuales estaban debidamente rotulados.
- f) Se inocularon 0.2ml de la suspensión del microorganismo en cada una de las diluciones del desinfectante, obteniéndose una concentración final en cada tubo de 10^5 conidias/ml.
- g) En cajas con agar PDA y con ayuda de asa calibrada (1µl) se sembraron cuatro (4) estrías por cuadrante (Flórez y Russi, 2000; Merlano y Rincón, 1999).
- h) El procedimiento se repitió a los intervalos de tiempo poscontaminación, de 5, 10 y 15 minutos.
- i) En cada caja se tuvieron cuadro cuadrantes, cada uno con cuatro estrías, en el primer cuadrante se sembró el microorganismo control; en el segundo, el microorganismo enfrentado con el desinfectante después de cinco minutos; en el tercero el microorganismo enfrentado con el desinfectante después de diez minutos; y finalmente en el último cuadrante, el microorganismo enfrentado después de quince minutos. En una misma caja se evaluó una concentración del agente antimicrobiano (Fig. 8).

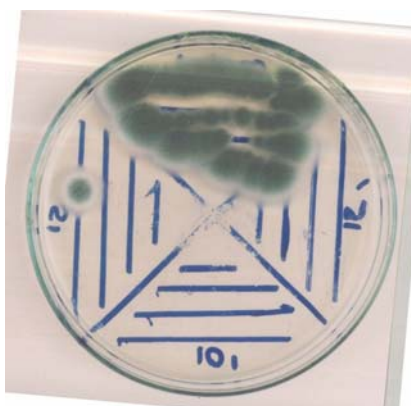


Fig. 8. Siembra en el medio PDA.

- j) Se incubaron las cajas durante 5 días a 22 +/- 0.5°C. Pasado el tiempo de incubación la lectura de resultados se hizo en forma comparativa con el control. Y de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 5. Expresión de resultados en la evaluación de desinfectantes

| Valor | Significado |
|-----------|--------------------|
| 4 estrías | 0% de inhibición |
| 3 estrías | 25% de inhibición |
| 2 estrías | 50% de inhibición |
| 1 estría | 75% de inhibición |
| 0 estrías | 100% de inhibición |

Fuente: Flórez y Russi, 2000.

5.2.4. Pruebas físico – químicas para el soporte

Con el fin de determinar el efecto a largo plazo que los productos evaluados produjeron a la estructura física del papel y sobre los componentes químicos de las fibras, se realizaron las siguientes pruebas: prueba de envejecimiento acelerado, prueba de resistencia a la tensión y prueba del índice de cobre.

Las pruebas se realizaron por triplicado, utilizando muestras de papel bond, manual y periódico de una medida estándar de 10cm de largo y 1.5cm de ancho (Peña y Zambrano, 2003; Flórez y Russi, 2000). Cada una de las muestras fue sumergida en las concentraciones más altas de los desinfectantes evaluados, y presentaron al criterio de la autora porcentaje de inhibición significativos para los tres microorganismos.

5.2.4.1. ENVEJECIMIENTO ACELERADO:

Este procedimiento trata de simular en corto tiempo los efectos del envejecimiento natural con el fin de reducir el tiempo de estudio. Este envejecimiento artificial consiste en la exposición del papel a uno o varios factores perjudiciales como calor, luz, humedad, etc. Las reacciones que puede ocurrir bajo el envejecimiento natural y acelerado son hidrólisis, la oxidación, el entrecruzamiento de las cadenas celulósicas y la degradación térmica (Flórez y Russi, 2000).

Para el presente estudio se determinó la estabilidad relativa del papel por calentamiento mediante el método TAPPI T - 453 que consiste en utilizar el horno el cual se mantiene a 105°C, cuidando que los ejemplares del estudio se protejan de la radiación directa de los elementos de calentamiento. El estimativo de la esperanza de vida del papel se calcula teniendo en cuenta que el envejecimiento por calentamiento durante 72 horas a 105°C equivale a 25 años de envejecimiento natural (Villamizar, 1996). La prueba se realizó durante 72, 144 y 216 horas las cuáles equivalen a 25, 50 y 75 años respectivamente (Hernández, 2001).

Los efectos producidos al papel por esta prueba, fueron deducidos por los resultados obtenidos en el análisis de resistencia a la tensión y de índice de cobre.

5.2.4.2. RESISTENCIA A LA TENSIÓN:

El procedimiento que se sigue para determinar esta equivalencia se conoce como Tensile Strength (TAPPI T-404 Y T-494) que consiste en determinar la resistencia límite de una muestra de papel sometida a una fuerza creciente de tensión a cada extremo; refleja la estructura íntima del papel y las propiedades de sus fibras individuales lo cual se evidencia por el rompimiento de la muestra.

Las unidades en que se expresa la resistencia a la tensión son gramos / fuerza (Flórez y Russi, 2000). Se evaluaron las mismas muestras de papel manual, periódico y bond que se utilizaron en las pruebas envejecimiento acelerado. El equipo utilizado fue un tensiómetro (Anexo 4).

5.2.4.3. INDICE DE COBRE:

Es una medida del poder reductor de la celulosa, en la cual el único grupo funcional importante, causante de la reducción es la unidad de glucosa terminal de la cadena. Un papel compuesto 100 % por celulosa tiene un índice de cobre relativamente bajo, este valor se incrementa cuando aumentan los grupos carbonilo producidos por oxidación e hidrólisis (Smith, 1991).

Según la norma estándar TAPPI T-430 el poder de reducción puede ser determinado por un proceso que determina la reducción de las sales de cobre (II) en solución alcalina. El número de cobre es definido como los gramos de reducción de cobre bajo condiciones específicas, del estado del cobre II a cobre I. Un número elevado de cobre puede mostrar la presencia de celulosa oxidada e indica deterioro del papel (Smith, 1991).

Para este análisis las muestras de papel se sometieron a un envejecimiento acelerado en las condiciones y tiempos ya mencionados. Se compararon los resultados con las muestras patrón y las muestras control, es decir aquellas muestras con envejecimiento acelerado pero sin aplicación del producto.

Se usaron 0.075 +/- 0.004 g de cada muestra de papel y se colocaron en tubos de ensayo de 16 * 150mm tapa rosca, se les adicionaron 5ml de solución de CuSO_4 con bicarbonato. Este se lleva a calentamiento en baño María durante 3 horas para ser filtrado con bomba de vacío, luego se adicionó poco a poco, de 10 a 14ml de solución de bicarbonato y finalmente se lavaron con 12 a 25ml de agua destilada caliente (Peña y Zambrano, 2003).

El líquido filtrado se desechó y se recogieron las fibras de la muestra junto con el papel filtro, para luego mezclarlas con 1.25ml de solución molibdofosfórica (Anexo 3). Luego, se transfirió el líquido a un buchner para lavar las fibras y el papel filtro con agua destilada con el fin de desaparecer el color azul que se presenta en la reacción, seguido se desechó el papel filtro para tomar el filtrado y realizar una titulación con KMnO_4 , hasta que vire a rosado.

La cantidad de mililitros que se requirieron para el viraje son equivalentes al índice de cobre (Browning, 1969).

5.2.5. Efecto sobre las tintas

Se tomaron los mismos tipos de papel (bond, periódico y manual) y el mismo número de muestras (3 muestras por cada papel), se les trazaron líneas de diversos grosores con las tintas: estilográfica, china y de impresora y se sometieron al tratamiento de inmersión con las soluciones de desinfectantes seleccionadas y se hizo una evaluación cualitativa, se verificó la solubilización de cada trazo al sumergir el papel en la solución antimicrobiana.

5.2.3. Análisis estadístico de la información

Para la presentación y análisis de los resultados de la efectividad de los desinfectantes y el daño producido al papel por la concentración y el desinfectante se usó una estadística descriptiva – comparativa usando tablas, gráficos y medidas descriptivas como el promedio y la desviación estándar para los resultados de índice de cobre (Flórez y Russi, 2000; Peña y Zambrano, 2003).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Manejo de cepas

Las cepas obtenidas para el estudio correspondían a *Aspergillus niger*, *Penicillium* sp y *Cladosporium* sp., de acuerdo a las características macroscópicas y microscópicas expuestas en el numeral 5.2.1.

6.2. Obtención de recuento inicial

Después de recogida la suspensión concentrada de conidias, y haciendo el recuento respectivo se obtuvo, como lo recomienda la técnica, un promedio para *Aspergillus niger*, *Penicillium* sp y *Cladosporium* sp. de 10^6 conidias/ml.

6.3. Evaluación de la eficacia fungicida de los agentes desinfectantes (Técnica de dilución en tubo).

Una de las características fundamentales para una valoración de biocidas, es que el producto debe ser muy activo frente al mayor número de gérmenes posible en el menor tiempo de actuación (Guevara, 1997). La técnica empleada que se utilizó para evaluar la actividad de agentes antimicrobianos frente a hongos, es recomendable para este caso porque permite un contacto directo entre los dos, mientras que otras técnicas pueden presentar falsos negativos ya que no tienen en cuenta el crecimiento lento del hongo y las propiedades químicas del producto analizado (Koneman, 1999).

Todos los resultados que se exponen en este numeral, están dados por la media de los datos.

6.3.1. Resultados obtenidos con *Cladosporium* sp., frente a los desinfectantes SaniT-10, C. L. Z. y Preventol® CD 601.

En la Tabla No.6 se muestran los resultados obtenidos usando las tres concentraciones evaluadas de cada desinfectante frente a *Cladosporium* sp. Al realizar este tipo de prueba el desinfectante empezó su acción letal desde los cinco minutos.

A los cinco minutos, las concentraciones de 0.025% y 0.05% de C. L. Z inhibieron a *Cladosporium* sp. en un 83.3%, a partir de los diez minutos de contacto el porcentaje de inhibición fue de un 100%.

Con las tres concentraciones de SaniT-10 y para los tres tiempos este microorganismo presentó 100% de inhibición; al igual que para los tres tiempos y las tres concentraciones de Preventol.

Comparando los resultados obtenidos en este estudio y los obtenidos con el Timsen (Flórez y Russi, 2000), *Cladosporium* sp, presenta mayor sensibilidad al componente activo debido a que presenta 100% de inhibición al menor tiempo de exposición incluso utilizando concentraciones de desinfectante de 500ppm o 0.05% v/v.

Tabla 6. Medias de los porcentajes de Inhibición presentados por *Cladosporium* sp., frente a los tres desinfectantes evaluados.

| | SaniT-10 | | | C. L. Z. | | | Preventol CD 601 | | |
|--------------|----------|--------|-------|----------|-------|-------|------------------|------|------|
| | 0.0625% | 0.125% | 0.25% | 0,03% | 0.05% | 0,10% | 1% | 2% | 4% |
| 5min | 100% | 100% | 100% | 83.3% | 83.3% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| 10min | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| 15min | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

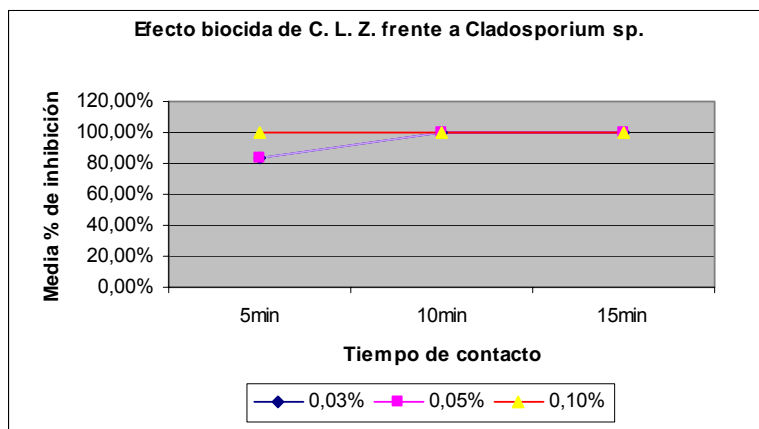


Fig. 9. Efecto biocida de C. L. Z. frente a *Cladosporium* sp.

6.3.2. Resultados obtenidos con *Penicillium sp* frente a los desinfectantes SaniT-10, C. L. Z. y Preventol ® CD 601.

En la Fig. 10, 11 y 12 y Tabla 7, se muestran los resultados obtenidos de las concentraciones evaluadas de los desinfectante frente a *Penicillium sp*.

El desinfectante C. L. Z. (Fig. 10), la concentración en uso más alta (0.10%) inhibió en un 50% para los dos primeros tiempos de prueba (5 y 10min), presentando al tiempo máximo de prueba un crecimiento del 25%, es decir, 75% de inhibición.

Para la concentración recomendada por el fabricante (0.05%), su porcentaje de inhibición máximo lo presentó a los quince minutos de contacto entre el desinfectante y el microorganismo con un 50% de inhibición

Mientras que la concentración más baja (0.025%) para los cinco minutos de prueba presentó un porcentaje de 33% y aumenta hasta el 42% a los quince minutos de contacto.

Tabla 7. Medias de los porcentajes de Inhibición presentados por *Penicillium sp.*, frente a los tres desinfectantes evaluados.

| | SaniT-10 | | | C. L. Z. | | | Preventol CD 601 | | |
|--------------|----------|--------|-------|----------|-------|-------|------------------|------|------|
| | 0,0625% | 0,125% | 0,25% | 0,03% | 0,05% | 0,10% | 1% | 2% | 4% |
| 5min | 83% | 58% | 100% | 33% | 42% | 50% | 58% | 67% | 100% |
| 10min | 100% | 75% | 100% | 25% | 42% | 50% | 67% | 83% | 100% |
| 15min | 100% | 100% | 100% | 42% | 50% | 75% | 100% | 100% | 100% |

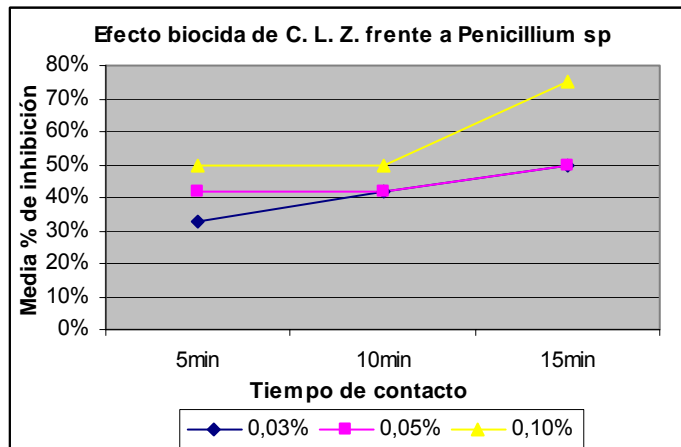


Fig. 10. Efecto biocida del C. L. Z frente a *Penicillium* sp.

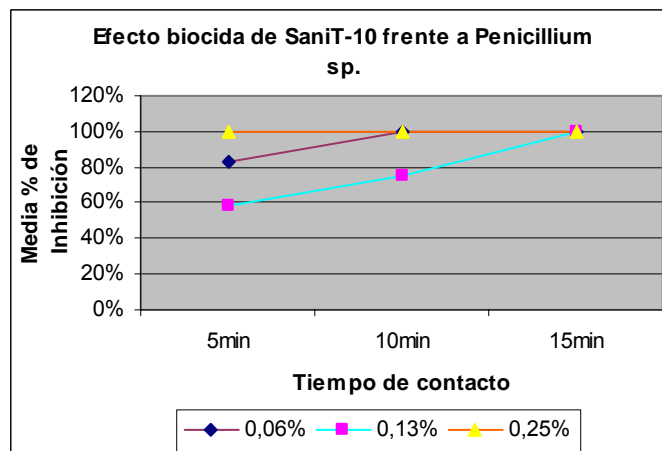


Fig. 11. Efecto biocida del SaniT-10 frente a *Penicillium* sp.

Frente a *Penicillium* sp, el desinfectante SaniT-10 presentó una disminución del 100% de crecimiento en su concentración más alta (0.25%) para todos los tiempos de exposición evaluados (5, 10 y 15min).

La concentración 0.0625% presentó 100% de inhibición a los diez y quince minutos de prueba (Fig. 11). Para la concentración recomendada por el productor (0.125%) se presenta a mayor tiempo mayor efectividad empezando a los cinco minutos de contacto con un 58% y terminando al término de los quince minutos con 100% de inhibición.

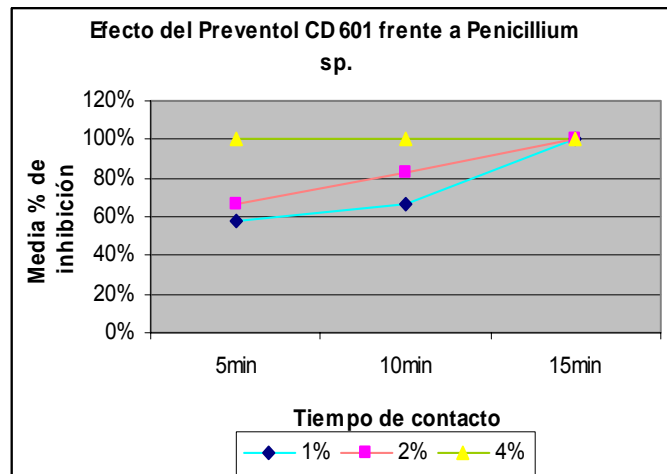


Fig. 12. Efecto biocida del Preventol ® CD 601 frente a *Penicillium* sp.

Con el compuesto fenólico el desinfectante tuvo su acción letal del 100% a una concentración de 4%. Mientras que la recomendada por el fabricante inicia su acción letal a partir de los 15 minutos donde se obtuvo un 100% de inhibición (Fig. 12).

Con la concentración más baja empleada (1%), a los cinco minutos el desinfectante tuvo un 58% de inhibición, a los diez minutos de contacto 67% y a los quince minutos un porcentaje del 100%.

Con los resultados expuestos, este microorganismo presentó cierta resistencia a los tres desinfectantes y a sus respectivas concentraciones, excepto en la concentración de 4% para el desinfectante Preventol y 0.25% de SaniT-10, donde en las tres evaluaciones mostró un 100% de inhibición.

Según Peña y Zambrano (2003), este microorganismo requiere tiempos de contacto mayores a los utilizados en este estudio, se necesita un tiempo estipulado mayor a 20min para que el desinfectante actúe efectivamente sobre el hongo.

6.3.3. Resultados obtenidos con *Aspergillus niger* frente a los desinfectantes SaniT-10, C. L. Z. y Preventol® CD 601.

En la tabla 8 se muestran los resultados obtenidos usando las tres concentraciones de todos los desinfectantes evaluados frente a *Aspergillus niger*.

Con los resultados observados es importante destacar que este microorganismo con respecto a *Penicillium* sp. presenta más sensibilidad, debido a que la mayoría de las concentraciones pudo disminuir la población en casi en un 100% desde los cinco minutos de prueba.

Las concentraciones de 0.125% y 0.0625% de SaniT-10 y 0.05% de C. L. Z. presentaron a los cinco minutos de prueba 75% de inhibición. Mientras que para la menor concentración de C. L. Z. (0.025%) obtuvo un 50% de inhibición, y para la concentración más alta de éste mismo producto obtuvo un 83.3%.

La concentración más efectiva frente a este microorganismo del desinfectante SaniT-10 fue de 0.25% que presentó en todos los casos un porcentaje de 100%, en los tres tiempos poscontaminación empleados.

Tabla 8. Medias de los porcentajes de Inhibición presentados por *Aspergillus niger* frente a los tres desinfectantes evaluados.

| | SaniT-10 | | | C. L. Z. | | | Preventol CD 601 | | |
|--------------|----------|--------|-------|----------|-------|-------|------------------|------|------|
| | 0.0625% | 0.125% | 0.25% | 0,05% | 0,10% | 0,03% | 1% | 2% | 4% |
| 5min | 75% | 75% | 100% | 75% | 83.3% | 50% | 100% | 100% | 100% |
| 10min | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| 15min | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

Los desinfectantes tipo amonio cuaternario utilizados en este estudio (SaniT-10 y C. L. Z) tienen como componente activo un N-alquil dimetil bencil amonio clorado, este tipo de compuesto se clasifica como cloruro de benzalconio, el cual posee múltiples funciones de bactericida, virucida y fungicida. Su poder fungicida redujo en un 75-100% las células vegetativas en concentraciones bajas como 0.0625% y 0.1%.

La literatura reporta a los desinfectantes fenólicos como excelentes bactericidas y fungicidas en concentraciones bajas como 2% (Garavito, 2002). En este estudio se demostró lo

anterior, incluso inhibió el crecimiento microbiológico a una concentración de 1%, y también se reporta que los tiempos empleados para estudiar este tipo de compuestos son los óptimos para reducir carga microbiana.

Comparando los resultados con los presentados por el Timsen (Flórez y Russi, 2000), este desinfectante no presenta efectividad para los tres tiempos empleados (5, 10 y 15min) en concentraciones menores a 0.25% para *Aspergillus niger* y *Penicillium* sp. A partir de concentraciones mayores a las 3000ppm (0.3%), la efectividad del producto es de un 100%, siempre y cuando se aumente el tiempo de contacto (de 30-45 minutos).

De acuerdo a los resultados obtenidos las concentraciones resultaron más efectivas fueron: 2500ppm (0.25%), 0.1% y 4% del compuesto fenólico.

6.4. Pruebas físico-químicas en el soporte

6.4.1. Envejecimiento acelerado.

Los resultados de éste tipo de prueba se representaron mediante las pruebas de resistencia a la tensión e índice de cobre, para dar resultados cuantitativos, en cuanto al daño producido de las concentraciones evaluadas frente a las tres clases de papel.



Fig. 13. Envejecimiento acelerado de los papeles.

6.4.2. Resistencia a la tensión.

Con este tipo de pruebas lo que se determinó fue la resistencia límite de las muestra de las tres clases de papel (bond, manual y periódico) cuando fueron sometidas a una fuerza aplicada en sus extremos, y se reflejó el debilitamiento de las fibras después de ser sometidas a una sustancia química nociva para el soporte, en este caso las concentraciones de los tres productos analizados (Norma Técnica Colombiana 363).

6.4.2.1. Resistencia a la tensión con la concentración 2500ppm (0.25%) de SaniT-10 para las tres clases de papel.

Tabla 9. Resistencia a la tensión de los soportes con la concentración 2500ppm (0.25%) dado en gramos/fuerza.

| | TIPO DE SOPORTE | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------|---------|----------|----------|--------------|---------|----------|----------|------------|---------|----------|----------|
| | Papel periódico | | | | Papel manual | | | | Papel Bond | | | |
| | Hora 0 | Hora 72 | Hora 144 | Hora 216 | Hora 0 | Hora 72 | Hora 144 | Hora 216 | Hora 0 | Hora 72 | Hora 144 | Hora 216 |
| Con producto envejecido | 1396 | 1509 | 1289 | 1537 | 2891 | 2861 | 2740 | 2659 | 6150 | 2821 | 3223 | 3286 |
| Sin producto envejecido | | 1472 | 1433 | 1635 | | 3896 | 4079 | 3967 | | 3367 | 3525 | 3474 |

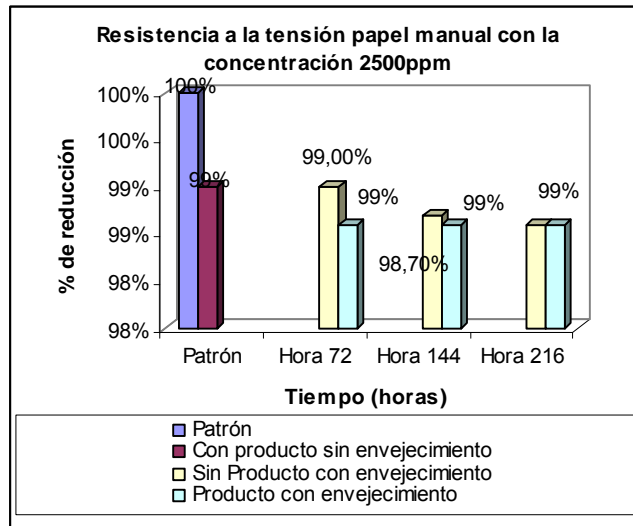


Fig. 14. Resistencia a la tensión papel manual con la concentración 2500ppm.

Como se muestra en la Fig. 14, el comportamiento de los soportes envejecidos y no envejecidos, no son representativos para esta clase de papel debido a que no se presentan porcentajes de reducción mayores al 3%.

Con respecto al patrón de prueba que obtuvo 2918 gramos/fuerza, el tratamiento de envejecimiento disminuyó la resistencia en un 1, 1.3 y 1.32% para las horas 72, 144 y 216 de prueba.

Mientras que para las mismas horas, con la combinación del tratamiento de envejecimiento y la aplicación del producto las muestras de papel manual disminuyeron su resistencia entre 1, 1.26 y 1.46%, mientras que el desinfectante disminuyó la reducción en proporción de 1% con respecto al patrón.

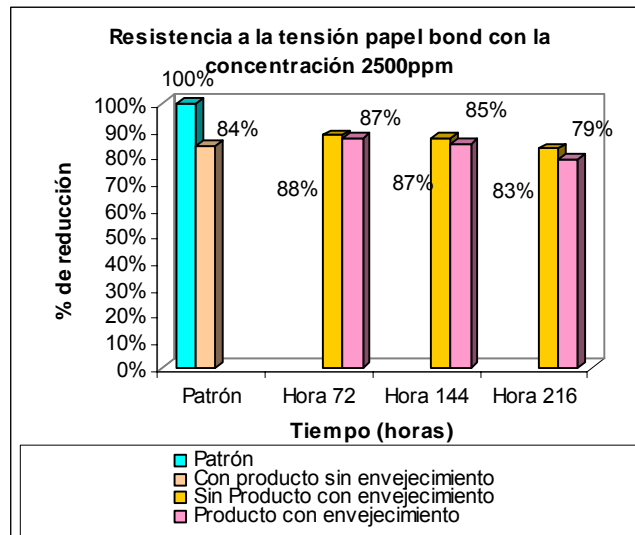


Fig. 15. Resistencia a la tensión papel bond con la concentración de 2500ppm.

El efecto producido por la concentración 2500ppm sobre el papel bond está representado en la Fig. 15. Como se muestra en la figura, el efecto producido por el desinfectante frente al patrón de 7575 gramos/fuerza disminuyó en un 16%, mientras que para los días 3º, 6º y 9º día de prueba el desinfectante y el envejecimiento redujeron la resistencia en 13, 15 y 21%. Mientras que el envejecimiento acelerado para el último día de prueba, disminuyó la resistencia en un 17%.

Con respecto al papel periódico (Fig. 16), el desinfectante en combinación con el envejecimiento redujeron la resistencia en 13.5, 14.6 y 16% en las diferentes horas de

prueba. Mientras que el desinfectante la redujo en un 10%, y el envejecimiento acelerado la redujo en un 5, 6 y 7%, con respecto al patrón de 1683 gramos/fuerza.

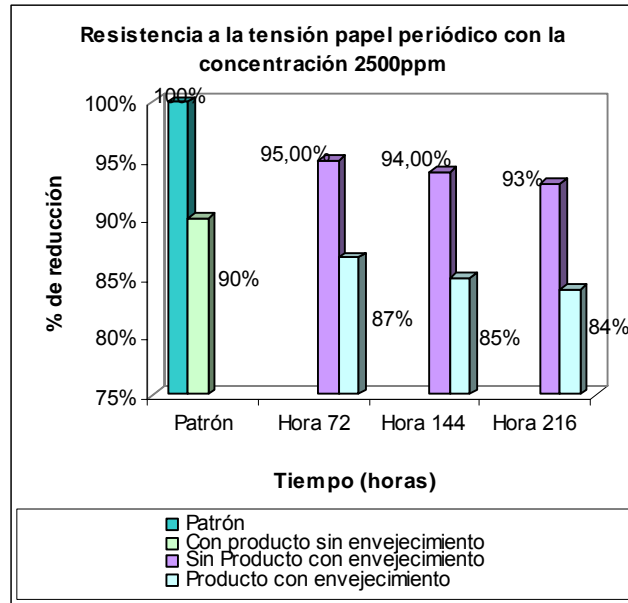


Fig. 16. Resistencia a la tensión del papel periódico con la concentración 2500ppm.

6.4.2.2. Resistencia a la tensión con la concentración 0.1% de C. L. Z. para las tres clases de papel.

Tabla 10. Resistencia a la tensión de los soportes con la concentración 0.1% dado en gramos/fuerza.

| | TIPO DE SOPORTE | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------|---------|----------|----------|--------------|---------|----------|----------|------------|---------|----------|----------|
| | Papel periódico | | | | Papel manual | | | | Papel Bond | | | |
| | Hora 0 | Hora 72 | Hora 144 | Hora 216 | Hora 0 | Hora 72 | Hora 144 | Hora 216 | Hora 0 | Hora 72 | Hora 144 | Hora 216 |
| Con producto envejecido | 1366 | 1431 | 1328 | 1300 | 3539 | 3100 | 2910 | 2536 | 6045 | 3577 | 3333 | 2946 |
| Sin producto envejecido | | 1687 | 1620 | 1344 | | 3327 | 3271 | 2818 | | 4447 | 4216 | 3689 |

Con el papel manual con esta concentración (Fig. 17), se observó un porcentaje de reducción de la resistencia a la tensión a través del tiempo de 23, 29 y 30% para las horas 72, 144 y 216 respectivamente, frente al patrón de 2593 gramos/fuerza, lo cual indica que altera las características mecánicas de éste soporte. Sin aplicar el producto pero sometido a envejecimiento se redujo la resistencia en 25, 26 y 27%, mientras que la sola aplicación del

producto arrojó una reducción del 17%. Tanto la aplicación del producto como el envejecimiento reducen la resistencia de manera significativa para esta clase de soporte.

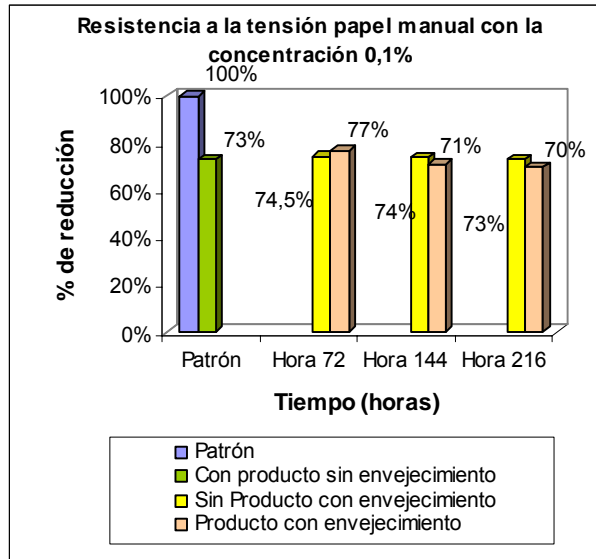


Fig. 17. Resistencia a la tensión del papel manual con la concentración 0.1%.

En el papel bond (Fig. 18), se presentó para el patrón una resistencia a la tensión de 6919 gramos/fuerza, comparada con la muestra envejecida se redujo en un 8% para la primera hora, 11% para la segunda hora y 13% para la última hora de prueba. Mientras que con la aplicación del producto su resistencia disminuyó en 7.7%, 9% y 9.3% para las mismas horas de envejecimiento y un 13% con respecto al patrón en la aplicación del producto, lo cual indica que no hubo una reducción significativa de la reducción con la aplicación del producto y el envejecimiento acelerado.

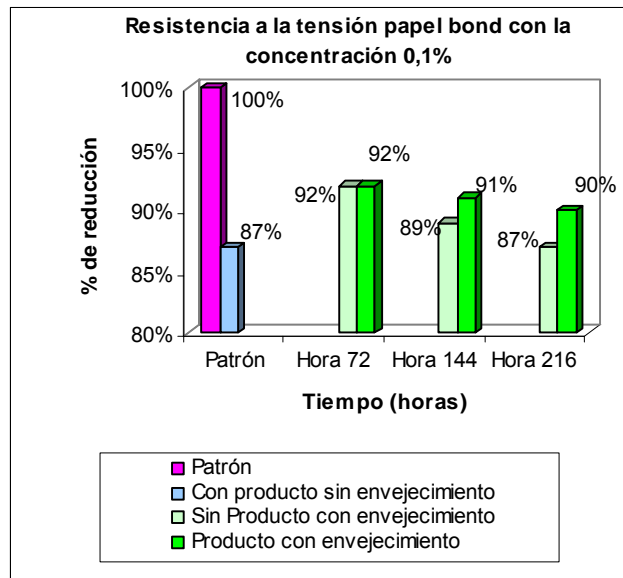


Fig. 18. Resistencia a la tensión del papel bond con la concentración 0.1%.

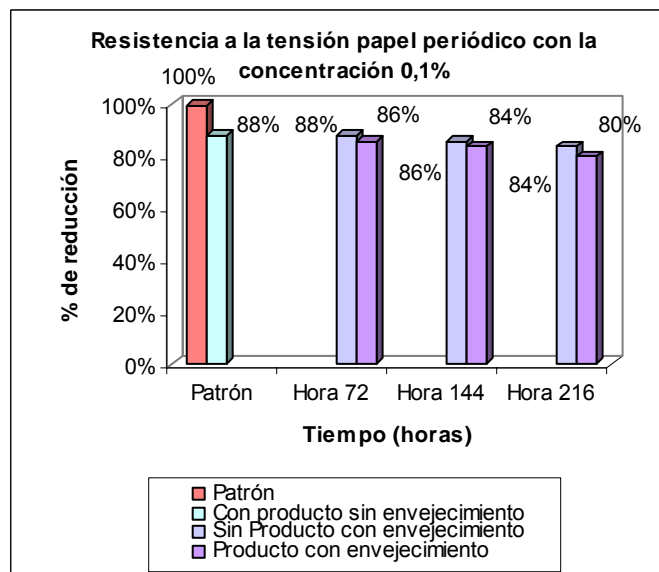


Fig. 19. Resistencia a la tensión del papel periódico con la concentración 0.1%.

Como lo muestra la Fig. 19, esta clase de soporte presenta una reducción sobre el patrón de 1501 gramos/fuerza en un 12% en la aplicación del producto, mientras que combinado con el envejecimiento acelerado reduce la resistencia a la tensión en 14, 16 y 20% para el 3°, 6° y 9° día de prueba. El tratamiento de envejecimiento para los mismos tiempos redujo la resistencia en 12, 14 y 16%, lo cual indica que esta clase de soporte se ve afectado por la aplicación del producto más que con el envejecimiento acelerado.

6.4.2.3. Resistencia a la tensión con la concentración 4% de Preventol® CD 601 para las tres clases de papel.

Tabla 11. Resistencia a la tensión de los soportes con la concentración 4% dado en gramos/fuerza.

| | TIPO DE SOPORTE | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------|---------|----------|----------|--------------|---------|----------|----------|------------|---------|----------|----------|
| | Papel periódico | | | | Papel manual | | | | Papel Bond | | | |
| | Hora 0 | Hora 72 | Hora 144 | Hora 216 | Hora 0 | Hora 72 | Hora 144 | Hora 216 | Hora 0 | Hora 72 | Hora 144 | Hora 216 |
| Con producto envejecido | 1423 | 1315 | 1284 | 1214 | 3799 | 2935 | 2560 | 2545 | 6040 | 3329 | 3143 | 2990 |
| Sin producto envejecido | | 1625 | 1624 | 1497 | | 4192 | 3437 | 3254 | | 3337 | 3304 | 3246 |

En la Fig. 20, el desinfectante influyó en las características del papel manual reduciendo su resistencia a la tensión a través del tiempo en 8, 10 y 11%, mientras que la aplicación del producto la redujo en un 10%. Y a través del tiempo en un 3, 4 y 5%, con respecto a su patrón de 3422 gramos/fuerza.

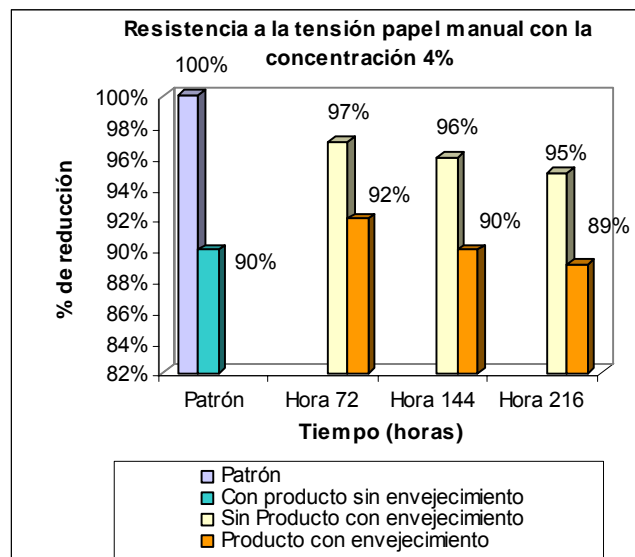


Fig. 20. Resistencia a la tensión del papel manual con la concentración 4%.

Con el papel bond (Fig. 21), se observó un porcentaje de reducción de la resistencia a las horas de prueba de 18, 21 y 26% para la hora 72, 144 y 216 respectivamente, mientras que en combinación con el tratamiento de envejecimiento se redujo para el mismo tiempo en 19, 20 y 41%, lo que indica que es un factor que influye en las características del soporte. Mientras que la aplicación del producto redujo la resistencia en un 24%, para la hora 0 de prueba.

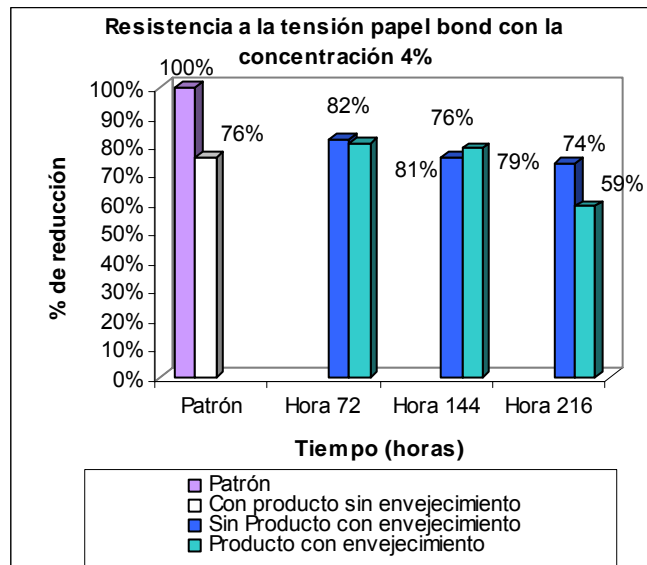


Fig. 21. Resistencia a la tensión del papel bond con la concentración 4%.

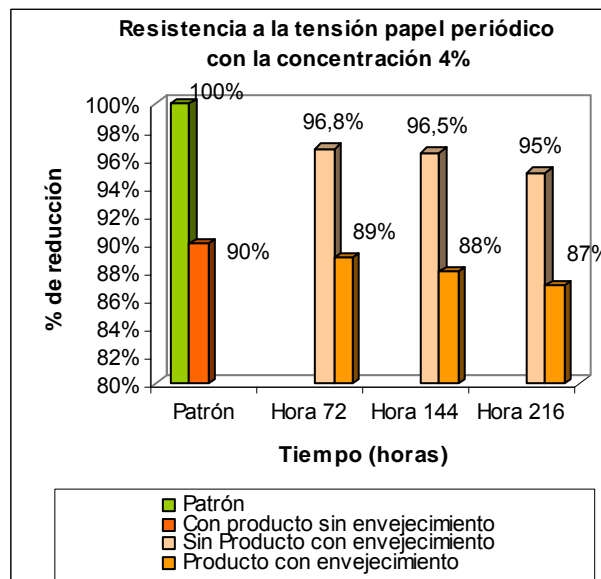


Fig. 22. Resistencia a la tensión del papel periódico con la concentración 4%.

Con respecto al papel periódico (Fig. 22), se observó que frente al patrón de 1573 gramos/fuerza, se redujo la resistencia con la sola aplicación en un 10%, mientras que con la combinación de los dos tratamientos hubo una disminución de 11, 12 y 13%, un porcentaje mayor al presentado por los soportes con el envejecimiento que están en 3.2, 3.5 y 5%, lo que indica que el envejecimiento puede ser agresivo para los soportes sin embargo,

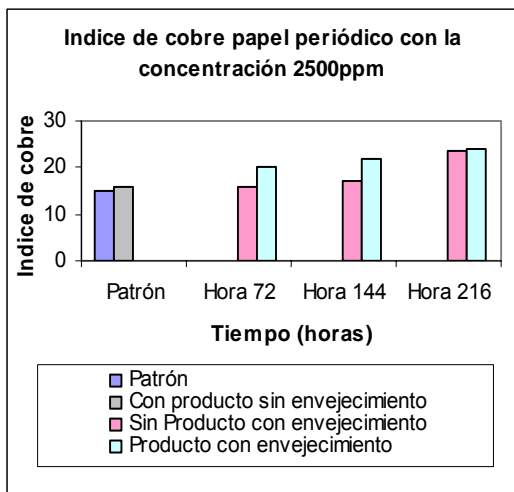
comparando su efecto con el que el produjo el desinfectante no fue un factor que influyera en las características del mismo.

Los fenoles afectan la cadena celulosa de manera significativa, y no son recomendables para aplicarlos en soportes de papel (Beck, 1992).

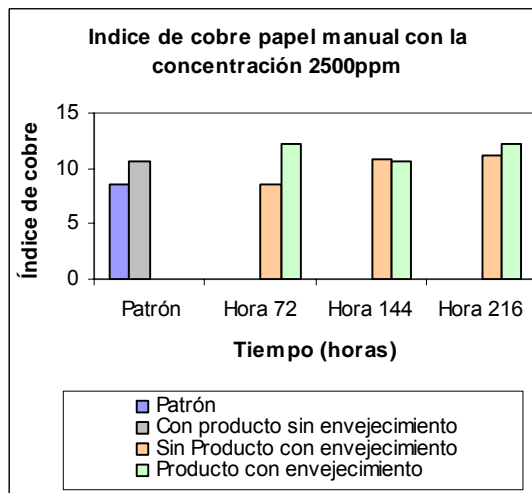
Si se toma como referencia la norma ISO 5330, en donde se estipula que el mínimo requerido en la reducción a la resistencia a la ruptura no sea mayor al 20% (Peña y Zambrano, 2003), el papel bond es el más afectado por las tres concentraciones evaluadas, mientras que la concentración 0.1% altera el soporte de papel manual de manera significativa.

6.4.3. Índice de cobre.

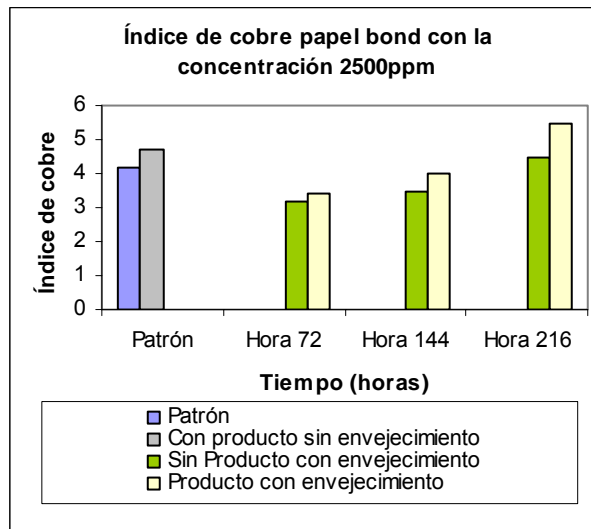
6.4.3.1. Índice de cobre con la concentración 2500ppm (0.25%) de SaniT-10 para las tres clases de papel.



(a)



(b)



(c)

Fig. 23. Índice de cobre con la concentración 2500ppm para: (a) papel periódico, (b) papel manual y (c) papel bond.

Como ya se había mencionado el índice de cobre es una medida del poder reductor de la celulosa, entre mayor sea su número, mayor es el deterioro que se produce en el papel. En la Fig. 23 se muestran los índices de cobre que presentaron las tres clases de soporte frente a la concentración 2500ppm.

En el estudio de índice de cobre sobre el papel periódico (Fig. 23a) el patrón obtuvo 14.83 al ser comparados con los datos del envejecimiento aumentó en un 6, 13 y 37% las horas 72, 144 y 216, mientras que al someter las muestras al desinfectante su incremento fue de un 6% y al combinarse este tratamiento con el envejecimiento aumentó 26, 32 y 38%.

Con respecto al papel bond (Fig. 23c) se produjo un aumento con respecto a su patrón de 4.2 de 8, 9 y 11% a medida que transcurre el tiempo. Mientras que en combinación con el tratamiento se incrementó en un 5, 19 y 20% para las horas de prueba, y con la sola aplicación tuvo un incremento del 11%.

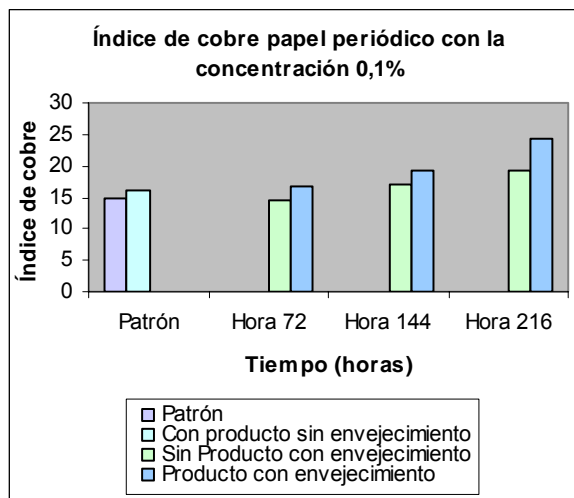
Con el papel manual (Fig. 23b), esta clase de soporte está expuesto a deteriorarse más rápidamente que los demás puesto que para su elaboración no se requiere técnicas industriales (Asunción, 2001; Montalvo, 2005). En comparación con el papel bond, y con respecto a la muestra patrón (8.48), el tratamiento del envejecimiento combinado con la

aplicación del producto fue mucho más dañino con los soportes, puesto que se obtuvieron incrementos del 21, 30 y 30% para las horas de prueba (72, 144 y 216). Mientras que para las mismas horas el envejecimiento incrementó el índice de cobre en un 0.23, 22 y 24%. Si se comparan con el 20% arrojado por las muestras con sólo aplicación del producto, la combinación de ambos tratamientos resultan ser perjudiciales para las fibras del papel manual.

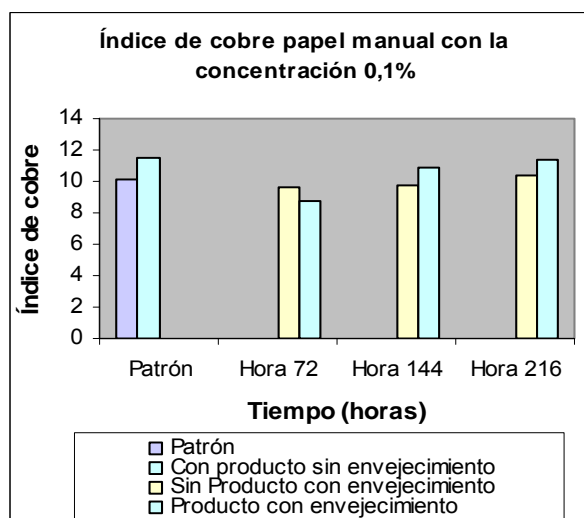
6.4.3.2. Índice de cobre con la concentración 0.1% de C. L. Z. para las tres clases de papel.

La concentración de 0.1% produce daños significativos en las fibras del papel manual (Fig. 24b), puesto que la aplicación del producto incrementó el índice de cobre en un 11%, mientras que la combinación de tratamiento aumentaron en un 7, 12 y 14% con respecto a la muestra patrón (10.16); mientras que el envejecimiento obtuvo incrementos de 7.5, 7.7 y 8.5% para las mismas horas de prueba.

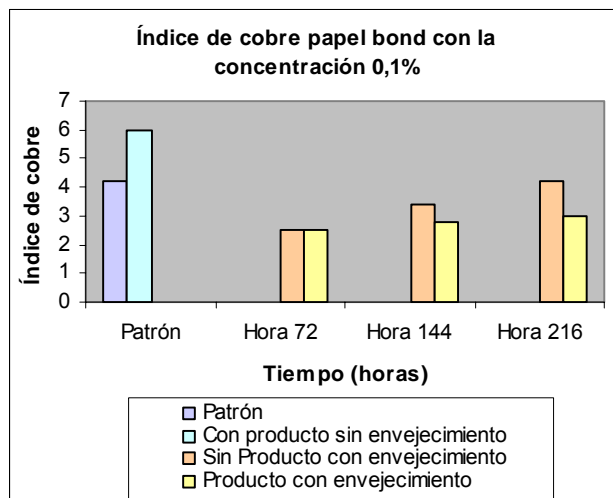
Con respecto al papel periódico (Fig. 24a) la combinación de ambos tratamientos y el producto por si solo, dañan la estructura de esta clase de papel con respecto a su patrón (14.84), puesto que su índice de cobre aumenta para las horas de prueba (0, 72, 144 y 216) en un 8, 12, 23 y 39%. Mientras que el sólo envejecimiento para el mismo tiempo aumenta en un 1, 15 y 23%. Con el papel bond (Fig. 24c), la alteración se produce aplicando el producto pues se observa un aumento de 30% para la hora 0 de prueba. Mientras que la combinación de ambos tratamientos lo incrementa en un 18, 20 y 22% y el envejecimiento por si sólo lo incrementa en un 18, 24 y 34%.



(a)



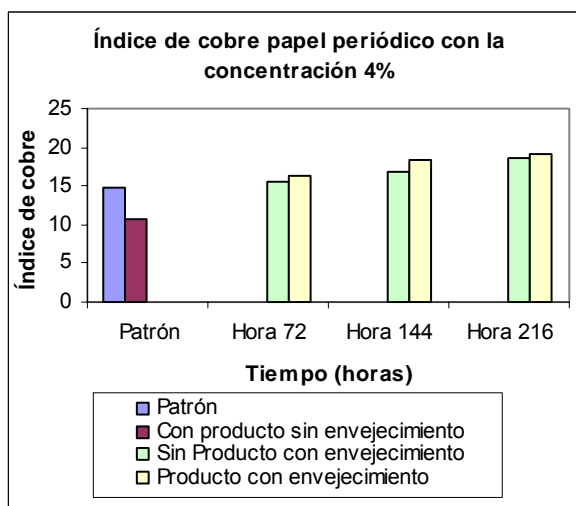
(b)



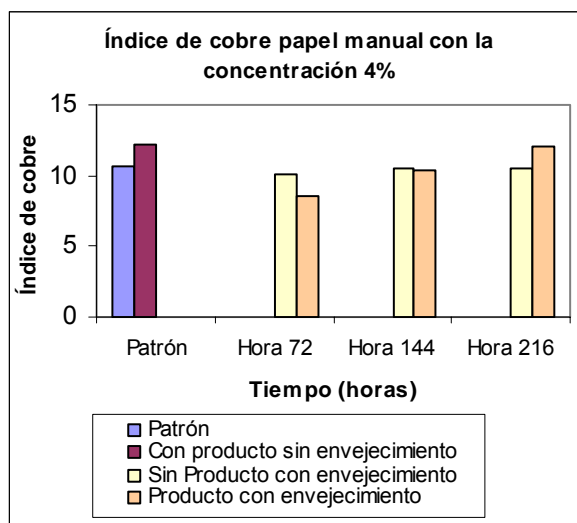
(c)

Fig. 24. Índice de cobre con la concentración 0.1% para: (a) papel periódico, (b) papel manual y (c) papel bond.

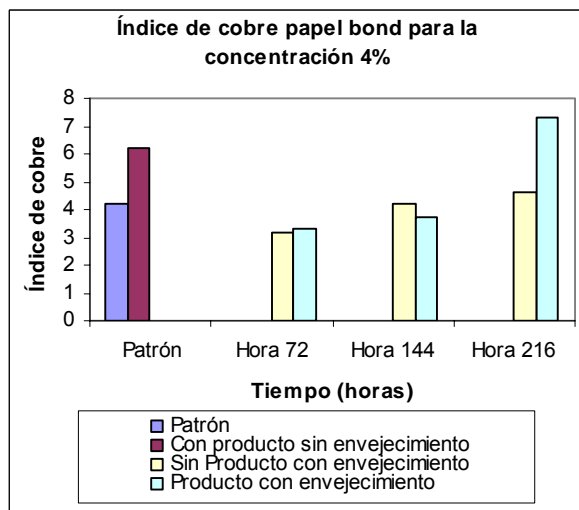
6.4.3.3. Índice de cobre con la concentración 4% de Preventol® CD 601 para las tres clases de papel.



(a)



(b)



(c)

Fig. 25. Índice de cobre con la concentración 4% para: (a) papel periódico, (b) papel manual y (c) papel bond.

Los fenoles pueden ser abrasivos y causar daños significativos en las fibras del papel. En todas las muestras el fenol alteró las moléculas de celulosa, por lo que el índice de cobre aumentó de manera significativa. En el caso del papel periódico (Fig. 25a), si el producto se combina con el envejecimiento produce alzas en el índice de cobre de 5, 9, 19 y 22% para los tiempos de 0, 72, 144 y 216 horas respectivamente. Mientras que el solo envejecimiento arrojó un alza de 4.4, 12.4 y 20% respectivamente.

Con respecto al papel manual (Fig.25b), la sola aplicación del producto implica un aumento del índice de cobre de 13%, con respecto a su patrón (10.63). Cuando se combina la aplicación del producto y el envejecimiento su aumento es de un 11, 13 y 15%; incremento mayor a lo que se presenta con solo envejecimiento en donde se aumenta con respecto al patrón de prueba en un 12. 4, 12. 5 y 12.7% para los mismos tiempos de prueba.

Con el papel bond (Fig. 25c), el aumento de índice de cobre con solamente la aplicación del con respecto a su patrón (4.2) fue de un 32%, y en combinación con el envejecimiento aumenta en un 25, 28 y 56% para las horas 72, 144 y 216. Se considera un aumento considerable si se compara con lo presentado en los soportes con envejecimiento acelerado, que arrojaron aumentos de 24.4, 32 y 35% para los mismos tiempos.

En general, las tres concentraciones producen daños significativos. Sin embargo, el deterioro producido por los fenoles hacia los soportes es más notable, comparado con el producido por el amonio cuaternario también evaluado.

El componente antimicrobiano activo en el Timsen es un n-alquil dimetil bencil amonio clorado, mismo componente activo de SaniT-10 y C. L. Z. evaluados en este estudio. Sin embargo, el Timsen posee un componente adicional: urea estabilizada en un 60%, cuya función es proteger al producto y la acción de éste de condiciones adversas como valores de pH de 1 y 3, materia orgánica y aguas duras (Ficha Técnica).

Su baja acción en el papel se debe a que la urea se asocia con la glucosa (monosacárido de la celulosa) mediante puentes de hidrógeno cíclicos, lo que en cierta medida protege a la molécula de celulosa de la hidrólisis del polímero y por consiguiente, del deterioro del papel (Bernal, 2006. Comunicación personal).

Como un balance general del estudio, los desinfectantes evaluados son efectivos en sus concentraciones altas (2500ppm, 0.1% y 4% para SaniT-10, C. L. Z y el compuesto fenólico respectivamente). Si se realiza una comparación con lo presentado por el Timsen, éste también actúa mejor en concentraciones elevadas.

El Timsen sigue siendo un producto que no altera de manera significativa las propiedades del papel y la composición de sus fibras.

6.5. Efecto sobre las tintas

Las tintas son un componente esencial para la elaboración de documentos por ello es importante estudiar su comportamiento a los posibles productos que son usados para evitar el biodeterioro del papel. Las evaluaciones mostradas presentan resultados satisfactorios para las tintas tipo chino y de impresión, mientras que para la tinta tipo bolígrafo presentó una decoloración inmediata cuando se trató con las diferentes concentraciones. Con la concentración 4% del desinfectante fenólico este tipo de tinta además de decolorarse, cambia su color a amarillo antes y después de ser sometida a envejecimiento con las tres clases de papel.

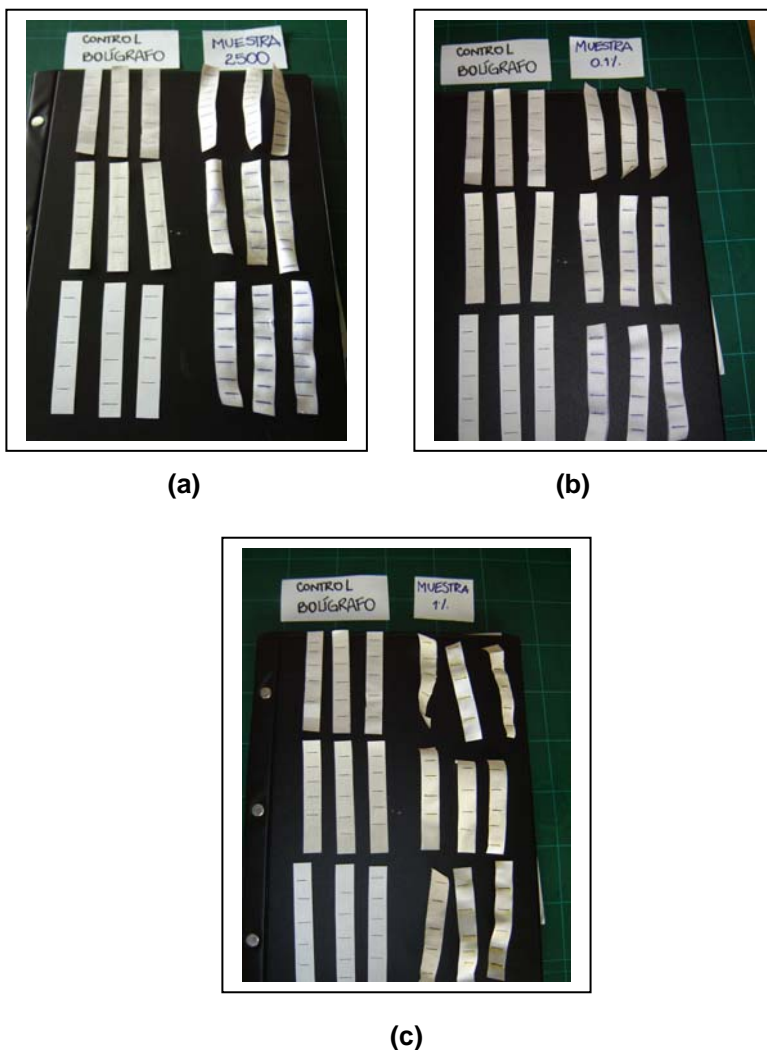


Fig. 26. Efecto sobre la tinta de bolígrafo de (a): concentración 2500ppm; (b): concentración 0.1%; (c): concentración 4%.

7. CONCLUSIONES

- Se determinó que para *Aspergillus niger*, el desinfectante más efectivo para su control como agente causal del biodeterioro es el compuesto fenólico, debido a que en sus tres concentraciones evaluadas y desde el menor tiempo de prueba se obtuvo un porcentaje de inhibición del 100%.
- Para *Cladosporium* sp, se determinó que los desinfectantes más efectivos para su eliminación fueron SaniT-10 y Preventol ® CD 601, puesto que al menor tiempo de contacto presentó 0% de crecimiento (100% de inhibición) en las tres concentraciones evaluadas de los desinfectantes mencionados en este estudio.
- Para *Penicillium* sp, se determinó que los desinfectantes más efectivos para su control en biodeterioro de material documental fueron SaniT-10 a una concentración de 2500ppm (0.25%) y Preventol ® CD 601 con una concentración de 4% v/v.
- Se comprobó que el desinfectante que no altera de manera significativa las características físico-químicas del papel manual es SaniT-10 a una concentración de 2500ppm (0.25%).
- Los desinfectantes C. L. Z y Preventol ® CD 601 deterioran notablemente la calidad del papel manual y bond al afectar considerablemente las características físico-químicas de cada soporte.
- Se comprobó que los compuestos fenólicos deterioran significativamente las características físico-químicas de las tres clases de papel, razón por la cual no deben emplearse para la desinfección de material de archivo.
- De acuerdo a los resultados obtenidos con los desinfectantes C. L. Z y SaniT-10 y en comparación con los obtenidos con el Timsen, este último sigue siendo un producto confiable en la desinfección del papel, debido a que posee urea en su composición y establece químicamente asociaciones con la molécula de celulosa protegiéndola de la hidrólisis causada por los microorganismos y protección al componente activo del desinfectante.

- Se hizo un aporte significativo al estudio de sustancias biocidas para disminuir el biodeterioro del material documental en el Archivo General de la Nación, y se determinó que los amonios cuaternarios tipo N-alkil dimetil bencil amonio clorado, son eficientes para bajar carga microbiana y eficientes en la desinfección de documentos siempre y cuando posean sustancias estabilizadoras como la urea. Mientras que los compuestos fenólicos químicamente y físicamente no son aptos para este propósito, pero sí son adecuados para reducir carga microbiana.

8. RECOMENDACIONES

A partir de este estudio se recomienda que:

- Se realicen otros estudios para comprobar que otro material químico diferente al Timsen resulta ser efectivo para inhibir crecimiento microbiano y sea aplicable en el soporte de interés.
- Se utilicen los desinfectantes C.L.Z y SaniT-10 para bajar la carga microbiana en mesones y ambiente del laboratorio de Química y Biología del Archivo General de la Nación y evitar resistencia fúngica.
- No se recomienda utilizar los anteriores productos para la desinfección en papel ni tampoco emplearlos para la técnica de nebulización, pues se corre el riesgo de minimizar sus propiedades y afectar el patrimonio documental de la Nación.
- Se realicen otros estudios con el Timsen, utilizando concentraciones mayores de 4000ppm.
- Se recomienda seguir implementando estudios microbiológicos en el área de restauración de patrimonio documental, puesto que son importantes para evitar su deterioro a partir de hongos.
- No se recomienda la utilización de compuestos fenólicos para la desinfección del papel puesto que alteran las propiedades físico-químicas del soporte. Sin embargo se recomienda su uso para la disminución de carga microbiana.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIC. 1994. Paper Conservation Catalog The American Institute for Conservation of Historic and Artistic Work. Book and Paper Group. 9ª Edición. USA.

ALCALDE, J. 1980. Propiedades físico – mecánicas de dos papeles producidos con distinta proporción de pulpa química y mecánica. *Memoria para optar el título de Ingeniero Forestal*. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Ciencia y Tecnología de la madera. Universidad de Chile. Santiago de Chile. 102p.

ALDANA, L. F & Sarassa, S. P. 1999. Efecto de desinfectantes y antimicrobianos naturales frene a cepas de *Listeria monocytogenes*. *Tesis de Pregrado*. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Departamento de Microbiología. Carrera de Microbiología Industrial. Bogotá D.C.

ALEXANDER, M. 1994. Introducción a la Microbiología del Suelo. 1ª Edición. AGT EDITOR S. A. México D. F. México. 491p.

AOAC, 1990. Association of Oficial Analytical Chemists. Offical Methods of Analysis. 15th Edition. Vol. 1. Agricultural Chemical, contaminants and drugs. USA.

ATLAS, M & Bartha, R. 2002. Ecología microbiana y Microbiología ambiental. 2ª Edición. Pearson Educación S. A. Madrid. España. 677p.

ASUNCIÓN, J. 2001. El papel: Técnicas y métodos tradicionales de elaboración. 1ª Edición. Paramón Ediciones S.A. Barcelona. España. 159p.

BACH, C. 1998. Introducción a la Bioarchivística. S & C Ediciones. Sevilla. España. 61-69p.

BASSUARE, P. 2005. Composición química de celulosa – lignina. [en línea]: Manual de lombricultura. www.manualdelombricultura.com/wwwboard/messages/9645.htm. [Consulta: 1 de Septiembre.2005].

BECK, I. 1992. Manual de Conservación de documentos. Archivo General de la Nación. México D. F. México. 97p.

BROWNING, B. 1969. Analysis of paper. 1ª Edición. Marcel Cade, INC. New York. Estados Unidos. 80p.

CAGLIANI, M. A. 2003. Historia del Papel. [en línea]: Universidad de Buenos Aires. Victoria, Buenos Aires – Argentina. <<http://webs.sinectis.com.ar/mcagliani/hpaper.htm>>. [Consulta: 29 de Agosto. 2005].

CHILD, M. 1999. Preservation assessment and planning. [en línea]: Northeast Document Conservation Center. **TECHNICAL LEAFLET**. Washington D.C. <<http://www.nedcc.org/plam3/tleaf12.htm>> [Consulta: 29 de Agosto. 2005].

CMPC. 2005. Composición química del papel y clasificación de la celulosa. [en línea]: Industria chilena del papel. Santiago de Chile. Chile. <<http://www.papelnet.cl/celulosa/htm>>; <http://www.papelnet.cl/celulosa/tipos_celulosa.htm>. [Consulta: 27 de Agosto de 2005].

DÍEZ, H. 2003. Guías Básicas de Microbiología. V semestre. Módulo de Micología. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Departamento de Microbiología. Carrera de Microbiología Industrial. Bogotá D.C.

FLÓREZ, C & Russi, A. 2000. Evaluación de agentes antimicrobianos sobre microorganismos aislados a partir de documentos de carácter histórico. *Tesis de Pregrado*. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Departamento de Microbiología. Carrera de Microbiología Industrial. Bogotá D. C.

FORSYTHE, S. J & Hayes, P. R. 2002. Higiene de los Alimentos, Microbiología y HACCP. 2ª Edición. Editorial Acribia S. A. Zaragoza España. 489p.

GARCÍA. M. C. 1994. Prevenir antes que curar. *REVISTA CONTACTO*. Publicación del Laboratorio de Restauración del Archivo General de la Nación. (1): 9-15.

GUERRERO, H. 1997. La humedad como factor de Deterioro. *REVISTA CONTACTO*. Publicación del Laboratorio de Restauración del Archivo General de la Nación. (6): 11-14.

GUERRERO, M. 2003. Conservación de Archivos: Recomendaciones que se deben tener en cuenta para la higienización de depósitos de Archivo. [en línea]: Archivo de Bogotá. Bogotá

D. C. – Colombia.
<http://www.alcadiabogota.gov.co/archivo/HTML/conservacionarchivos.htm>>. [Consulta: 1 de Febrero de 2006].

GUEVARA CENDALES, A.L. 1997. Validación de desinfectantes en una planta de productos farmacéuticos en Cali. *Tesis de pregrado*. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Carrera de Bacteriología. Bogotá D.C.

HERNÁNDEZ, J. 2001. Identificación de hongos causantes de deterioro en documentos históricos, depósitos de almacenamiento y posibles estrategias para su control, en Archivo General de la Nación. *Tesis de Maestría*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

KAGAN, B. M. 1984. Tratamientos con antimicrobianos. 3ª Edición. Nueva Editorial Interamericana. México D. F. México. 490p.

KIRK, R. E & OTHMER, D.F. 1998. Enciclopedia de Tecnología Química. Primera Edición en Español. Tomo II: Alizarina – Azufre. Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana. México D.F., México. 1027p.

KONEMAN, E. 1997. Micología Práctica de Laboratorio. 3ª Edición. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina. 221p.

KONEMAN, E. 2001. Diagnóstico Microbiológico: Texto y Atlas de color. 5ª Edición. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina. 1432p.

KRAEMER, G. 1973. Tratado de la Previsión del papel y conservación de Bibliotecas y Archivos. Tomo I. Dirección General de Archivos y Bibliotecas. Madrid-España. 950p.

LUNA, J. 1994. Técnicas de valoración de desinfectantes. En: Seminario “Aspectos Químicos de Técnicas de Valoración y Legislación del uso de desinfectantes en la Industria Colombiana”. Memoria de Primero Seminario “Aspectos Químicos Técnicas de valoración y legislación del uso de desinfectantes en la Industria Colombiana”. Bogotá, Forma y Fondo. Pags. 17-21.

MADIGAN, M; Martinko, J & Parker, J. 1998. Brock, Biología de los Microorganismos. 8ª Edición Revisada. Prentice-Hall, INC. Madrid, España. 987p.

MASSY, V. 2000. Estudio y evaluación de tintas aplicadas en la conservación del Papel. *Tesis de Pregrado*. Universidad Externado de Colombia. Facultad de Restauración de Bienes Inmuebles. Bogotá D. C.

MAYNOR, C. 1998. Catálogo de Conservación de Papel del American Institute Conservation. EX LIBRIS. Caracas, Venezuela. 20, 47p.

MATEOS, P. 2005. Control de las poblaciones microbianas: \square cademia \square ación y desinfección. [en línea]: Universidad de Salamanca. Salamanca. España. <<http://www.atl-gestion.com/Asepsia%20y%20desinfeccion.htm>>. [Consulta: 14 de Septiembre. 2005].

MARTÍ, M. C; Alonso, R. M & Aubert, C. 2005. NTP: Desinfectantes: características y usos más frecuentes. [en línea]: Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. Madrid. España. <http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_429.htm>. [Consulta: 14 de Septiembre. 2005].

MERLANO, A. M & Rincón, M. C. 1999. Evaluación del efecto fungicida de tres compuestos químicos frente a hongos aislados e identificados en una planta procesadora de productos congelados. *Tesis de Pregrado*. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Departamento de Microbiología. Carrera de Bacteriología. Bogotá, D.C.

MOSQUERA, C. S. 2000. El reciclaje del papel, celulosa y *Trichoderma reesei*. [en línea]: Universidad del Cauca. Popayán, Cauca – Colombia. <<http://www.monografias.com/trabajos5/recicla/recicla.shtml>>. [Consulta: 2 de Septiembre. 2005].

MONTALVO, A. 2005. Reciclaje de Papel. [en línea]: Universidad del Valle. Cali – Colombia. <<http://www.monografias.com/trabajos12/reciclj/reciclj.shtml>>. [Consulta 5 de Septiembre. 2005].

NORMA TAPPI. T453 om-89. 1989. Effect of fry heat on properties of paper.

NORMA TAPPI. T430 om-52. 1952. Copper Number of paper and paperboard.

NORMA TAPPI. T494 om-82. 1982. Tensile Breaking properties of paper and paperboard using constant rate of elongation apparatus.

OLIVERO, A. I. 2004. Clases magistrales de Microbiología Industrial para VIII Semestre. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Departamento de Microbiología. Carrera de Microbiología Industrial. Bogotá, D. C.

ORTEGA, L. M. 2002. Determinación de hongos filamentosos asociados a cráneos de colección del Instituto Alexander von Humboldt y evaluación *in vitro* de sustancias biocidas para su control. *Tesis de Pregrado*. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Departamento de Microbiología. Carrera de Microbiología Industrial. Bogotá D. C.

PALMA, M. A. 2005. Algunas Ideas para extender la vida de los materiales bibliográficos de las Bibliotecas. [en línea]: Biblioteca Nacional de Chile. Santiago de Chile – Chile. <<http://www.dibam.cl/upload/2750-2.pdf>>. [Consulta: 29 de Agosto. 2005].

PAUBERT, J. 1998. Biochemistry and Genetic of Cellulose Degradation. 2ª Edición. Academic Press. San Diego, California. U. S. A. 248p.

PEÑA, G & Zambrano, S. 2003. Evaluación de tratamientos de desinfección aplicados mediante procesos de nebulización y aspersion sobre soportes de papel afectados por hongos. *Tesis de Pregrado*. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Departamento de Microbiología. Carrera de Microbiología Industrial. Bogotá D. C.

SMITH, A. 1991. Cellulose in paper and textiles: The common ground. The Scottish society for conservation and restauration (SSCR). Edimburgo, Escocia. 98p.

SYKES, G. 1978. Disinfection and Sterilization. Editorial Chapman. London, England. 486p.

TORRES, L. 1990. Química y deterioro del Papel. Breve Revisión para restauradores. Institutos de Investigaciones arqueológicas. UNAM. *Revista KHURANA*. (1): 15-22.

VAILLANT, M & Valentín, N. 1996. Principios técnicos de la conservación documental y causas de su deterioro. Instituto de Patrimonio Histórico Español. 1ª Edición. Didat S. A.

VILLAMIZAR, M. 1996. Estudio de envejecimiento acelerado en pulpas encoladas. *Tesis de Pregrado*. UIS. Facultad de Ciencias Físico-químicas. Carrera de Ingeniería Agrónoma. Bucaramanga.

VILLEGAS, S. M. 2005. Carbohidratos fibrosos. [en línea]: Comida saludable. México D. F. México. <<http://www.neogym-online.com/nutcarbosfibrosos.htm>>. [Consulta: 16 de Septiembre. 2005].

WILDBRETT, G. 2000. Limpieza y desinfección en la industria alimentaria. Editorial Acribia. Zaragoza. España. 349p.

10. ANEXOS

Medios de cultivo y reactivos

ANEXO 1

- **Agar PDA (Potato-Dextrose-Agar)**

| | |
|------------------|---------------------|
| Extracto de papa | 4.0g/L |
| Glucosa | 20.0g/L |
| Agar | 15.0g/L |
| Ph | 5.6 +/- 0.2 a 25°C. |

ANEXO 2

- **Azul de lactofenol**

| | |
|-------------------------|--------|
| Fenol (cristales puros) | 20g |
| Glicerina | 40ml |
| Ácido láctico | 20g |
| Agua destilada | 20ml |
| Azul de algodón | 0.0.5g |

Se mezcla el ácido láctico con la glicerina en agua destilada, se agregan los cristales de fenol y se agita, se calienta al baño María y se mezcla constantemente hasta que desaparezcan los cristales y por último se agrega el azul de algodón.

ANEXO 3

- **Solución molibdofosfórica**

| | |
|--------------------------------|-------|
| Molibdato de amonio | 2.5g |
| H ₂ SO ₄ | 6.8ml |
| H ₃ PO ₄ | 1.8ml |

Todos los componentes son mezclados con 43.75ml de agua destilada, hasta formar una solución lechosa de color amarillo cremoso.

ANEXO 4

Tensiómetro Fortem Industries utilizado para medir resistencia a la tensión.



ANEXO 5

Tabla. 11. Tabla de promedios y desviaciones estándar para el índice de cobre con la concentración 2500ppm

| | | Hora 72 | Hora 144 | Hora 216 |
|---------------------|--|----------------|-----------------|-------------------|
| P. Manual | Con Producto + envejecimiento | 12.14 +/- 0.50 | 12.15 +/- 0.22 | 10.7 +/- 0.52 |
| | Sin Producto + Envejecimiento | 8.46 +/- 0.02 | 10.88 +/- 0.26 | 11.17 +/- 0.66 |
| | | Hora 72 | Hora 144 | Hora 216 |
| P. Bond | Con Producto + envejecimiento | 3.4 +/- 0.01 | 4 +/- 1.06 | 5.5 +/- 0.72 |
| | Sin Producto + Envejecimiento | 3.2 +/- 0.25 | 3.5 +/- 0.24 | 4.5 +/- 0.49 |
| | | Hora 72 | Hora 144 | Hora 216 |
| P. Periódico | Con Producto + envejecimiento | 19.95 +/- 0.40 | 21.73 +/- 1.38 | 23.91 +/- 0.96 |
| | Sin Producto + Envejecimiento | 15.82 +/- 0.52 | 17.07 +/- 0.67 | 23.45 +/- 0.45 |

Tabla 12. Tabla de promedios y desviaciones estándar para el índice de cobre con la concentración 0.1%.

| | | Hora 72 | Hora 144 | Hora 216 |
|---------------------|--|----------------|-----------------|-------------------|
| P. Manual | Con Producto + envejecimiento | 8.76 +/- 0.49 | 10.88 +/- 1.05 | 11.43 +/- 2.94 |
| | Sin Producto + Envejecimiento | 9.59 +/- 0.26 | 9.73 +/- 0.41 | 10.32 +/- 0.28 |
| | | Hora 72 | Hora 144 | Hora 216 |
| P. Bond | Con Producto + envejecimiento | 2.5 +/- 0.73 | 2.8 +/- 0.41 | 3 +/- 0.01 |
| | Sin Producto + Envejecimiento | 2.5 +/- 0.43 | 3.4 +/- 0.01 | 4.7 +/- 0.21 |
| | | Hora 72 | Hora 144 | Hora 216 |
| P. Periódico | Con Producto + envejecimiento | 16.8 +/- 0.25 | 19.24 +/- 0.24 | 24.3 +/- 0.91 |
| | Sin Producto + Envejecimiento | 14.65 +/- 0.22 | 17.11 +/- 1.01 | 19.34 +/- 0.24 |

Tabla 13. Tabla de promedios y desviaciones estándar para el índice de cobre con la concentración 4%.

| | | Hora 72 | Hora 144 | Hora 216 |
|---------------------|--|----------------|-----------------|-------------------|
| P. Manual | Con Producto + envejecimiento | 10.14 +/- 0.05 | 10.46 +/- 0.24 | 10.49 +/- 0.42 |
| | Sin Producto + Envejecimiento | 8.62 +/- 0.25 | 10.61 +/- 0.21 | 12.03 +/- 0.42 |
| | | Hora 72 | Hora 144 | Hora 216 |
| P. Bond | Con Producto + envejecimiento | 3.3 +/- 0.49 | 3.7 +/- 0.25 | 7.3 +/- 0.25 |
| | Sin Producto + Envejecimiento | 3.2 +/- 0.49 | 4.2 +/- 0.01 | 4.6 +/- 0.42 |
| | | Hora 72 | Hora 144 | Hora 216 |
| P. Periódico | Con Producto + envejecimiento | 16.23 +/- 0.27 | 18.32 +/- 0.23 | 19.11 +/- 0.04 |
| | Sin Producto + Envejecimiento | 15.53 +/- 0.24 | 16.95 +/- 0.01 | 18.51 +/- 0.66 |