

Secado por congelación al vacío, método para salvar materiales de archivos y bibliotecas dañados por el agua: un estudio del RAMP

Programa General de Información y UNISIST

Organización de las Naciones Unidas
para la Educación, la Ciencia y la Cultura

París, 1987

Original: inglés

PGI-87/WS/7

París, octubre de 1987

SECADO POR CONGELACION AL VACIO
METODO PARA SALVAR MATERIALES DE
ARCHIVOS Y BIBLIOTECAS DAÑADOS POR EL AGUA:
UN ESTUDIO DEL RAMP CON DIRECTRICES

preparado por
John M. McCleary

Programa General de Información y UNISIST
Organización de las Naciones Unidas
para la Educación, la Ciencia y la Cultura

/...

Asiento bibliografico recomendado para el catalogo :

McCLEARY (John P.). - Secado por congelación al vacío, método para salvar materiales de archivos y bibliotecas dañados por el agua: un estudio del RAMP con directrices / preparado por John M. McCleary / para el Programa General de Información y UNISIST. - Paris:Unesco, 1987. viii, 110 p.; 30 cm. - (PGI-87/WS/7).

- I. Titulo
- II. Unesco. Programa General de Información y UNISIST
- III. Programa de Gestión de Documentos y Archivos (RAMP)

© Unesco, 1987

INDICE

	<u>Pág.</u>
Indice	i
Lista de figuras	vii
Lista de cuadros	viii
Prefacio	ix
1. INTRODUCCION	1
1.1. El agua: peligro omnipresente	1
2. PAPEL MOJADO	3
2.1. Problemas asociados	3
2.1.1. Absorción e hinchamiento	3
2.1.2. Infección microbiológica	4
2.1.3. Adhesión de las hojas	7
2.1.4. Traspaso de tintas y colorantes	7
2.1.5. El factor tiempo	9
3. ESTABILIZACION POR CONGELACION	9
3.1. Ventajas	10
3.1.1. Detiene el ataque del moho	10
3.1.2. Estabiliza las tintas y los colorantes solubles	10
3.1.3. Evita la adhesión de las hojas	10
3.1.4. Permite una planificación metódica y pausada	11
4. SECADO POR CONGELACION AL VACIO	11
4.1. Elementos básicos del secado por congelación	11
4.1.1. Unidades de medida	11
4.1.2. Sublimación y evaporación	12
4.1.3. Valores de la relación temperatura/presión en el caso del agua	15
4.1.4. Presión del vapor	17
4.2. Condiciones necesarias para el secado por congelación	17
4.3. Componentes básicos de un sistema de secado por congelación	20
4.4. Grado de vacío requerido para el secado por congelación	21

	<u>Pág.</u>
5.	OTROS METODOS DE SECADO 22
5.1.	Secado al vacío 22
5.2.	Secado a baja temperatura 24
5.3.	Secado por congelación natural 26
6.	EL SECADO POR CONGELACION AL VACIO FRENTE AL SECADO AL VACIO 26
7.	EL SECADO POR CONGELACION NO ES UN PROCESO NUEVO ... 27
7.1..	Ejemplos de aplicaciones 29
7.1.1.	Productos farmacéuticos 29
7.1.2.	Productos alimenticios 29
7.1.3.	Especímenes biológicos 30
7.1.4.	Piezas arqueológicas 30
8.	PRIMEROS EXPERIMENTOS EN EL SECADO POR CONGELACION DE LIBROS Y DOCUMENTOS 31
8.1.	Precursores 31
8.1.1.	Entidades canadienses 31
8.1.2.	La Smithsonian Institution de Washington, D.C. 31
8.1.3.	La Universidad Técnica de Dinamarca 32
9.	EL EMPLEO DE CAMARAS DE VACIO EN LA RECUPERACION DE MATERIALES DE ARCHIVOS Y BIBLIOTECAS DAÑADOS POR EL AGUA 35
9.1.	Historia de casos 35
9.1.1.	Inundación de la biblioteca del Corning Museum of Glass en Corning, Nueva York, el 22 de junio de 1972 35
9.1.2.	Incendio de la Biblioteca Charles Klein en Filadelfia, Pensilvania, el 25 de julio de 1972 40
9.1.3.	Incendio del National Personnel Records en St. Louis, Missouri, el 12 de julio de 1973 44
9.1.4.	Inundación de la Biblioteca Stanford Meyer en Stanford, California, el 4 de noviembre de 1978.. 48
9.1.5.	Inundación de la Taylor Institution Library, Universidad de Oxford, en enero de 1979 54

9.1.6.	Incendio de la regional Office of Income Security Services en Winnipeg, Canadá, el 22 de enero de 1981	54
10.	OTRAS ACTIVIDADES EN MATERIA DE SECADO AL VACIO Y POR CONGELACION.....	58
10.1	Una selección por países	58
10.1.1.	Austria	58
10.1.2.	Canadá	59
10.1.2.	Inglaterra	59
10.1.4.	Francia	60
10.1.5.	Alemania (RFA)	61
10.1.6.	Holanda	63
10.1.7.	Noruega	63
10.1.8.	EE.UU.....	64
11.	FUENTES COMERCIALES PARA LA CONGELACION Y EL SECADO ..	66
11.1.	Almacenamiento en frío	66
11.2.	Secado por congelación	67
11.3.	Cámaras de vacío	68
12.	COSTOS DEL SECADO AL VACIO Y DEL SECADO POR CONGELACION	69
13.	CONGELACION Y SECADO A BAJO COSTO EN UNA SITUACION DE EMERGENCIA	72
13.1.	Consideraciones generales	72
13.2.	Materiales necesarios	73
13.3.	Recuperación de materiales deteriorados por el agua...	74
13.3.1.	Manipulación de materiales mojados	74
13.3.2.	Limpieza y lavado	75
13.3.3.	Envoltura y empaque	75
13.4.	Congelación	76
13.5.	Secado al aire	76
13.5.1.	Selección de la zona de trabajo	76

	<u>Pág.</u>
13.5.2.	Secado de documentos..... 77
13.5.3.	Secado de libros..... 78
13.6.	Prensado 78
13.7.	Prevención del enmohecimiento 79
14.	LO QUE NO SE PUEDE LOGRAR CON EL SECADO POR CONGELACION 80
15.	CRITERIO DE COOPERACION EN EL EMPLEO DE LAS CAMARAS DE SECADO POR CONGELACION 81
15.1.	Consideraciones generales 81
15.2.	Cooperación regional 82
15.3.	Cooperación con instituciones públicas 82
15.4.	Cooperación comercial..... 85
16.	FORO ABIERTO SOBRE EL SECADO POR CONGELACION 85
16.1.	Preguntas y respuestas 85
16.1.1.	En términos sencillos, ¿cuál es la diferencia entre el secado por congelación y el simple secado al vacío? 85
16.1.2.	¿Es caro el secado por congelación? 86
16.1.3.	¿Qué puede decirse del costo del secado al vacío? .. 86
16.1.4.	¿Es posible secar por congelación materiales mojados (no congelados) y, a la inversa, se pueden secar al vacío materiales congelados? 87
16.1.5.	¿Qué sistema es mejor, el secado por congelación o el secado al vacío? 87
16.1.6.	¿No debería dedicarse tiempo a escoger o depurar los materiales mojados antes de envolverlos y colocarlos en cajas para la congelación? 88
16.1.7.	¿No se deberían limpiar los materiales mojados antes de congelarlos? 88
16.1.8.	¿Cuál es la mejor forma de envolver los materiales mojados para congelarlos? 89
16.1.9.	¿A qué temperatura se deben congelar los materiales dañados por el agua? 89

16.1.10	Ciertamente los libros y documentos mojados se hinchan y se dilatan al congelarse ¿Acaso esto no los daña?	89
16.1.11.	¿Se requiere una cámara especial para secar por congelación libros y documentos?	90
16.1.12.	¿Cómo se sabe cuándo los materiales colocados en la cámara están secos?	90
16.1.13.	¿Se corre el riesgo de que los materiales se sequen excesivamente y, por ende, se dañen?	91
16.1.14.	¿Es posible secar por congelación el pergamino y el cuero?	92
16.1.15.	Durante el proceso de secado por congelación algunas veces se aplica calor a los materiales congelados. Ante todo, ¿por qué se hace esto? y ¿acaso el calor no perjudica los materiales?.....	93
16.1.16.	Cuando se extraen los materiales de la cámara de secado por congelación, ¿pueden volver enseguida a sus estantes?	93
16.1.17.	¿No sería menos costoso sustituir el material dañado por el agua que secarlo por congelación?	94
16.1.18.	En general se sabe que el secado por congelación no destruye las esporas del moho, mas, ¿qué sucede con los insectos?	94
16.1.19.	¿Qué se hace para congelar los insectos?	
16.1.20.	¿Por qué no se fumigaron los libros infestados?	95
16.1.21.	¿Qué hacer cuando el moho se propaga antes de que sea posible congelar el material mojado?	95
16.1.22.	¿Es posible fumigar el material atacado de moho en la misma cámara donde se está realizando el secado por congelación?	97
16.1.23.	Si, al parecer, el secado por congelación destruye la capa visible que forman las esporas del moho, ¿por qué es tan necesario esterilizar y nebulizar con un amortiguador? ¿Por qué no se guarda el material ya seco en un lugar adecuado?	97

16.1.24.	Algunas instituciones tienen materiales fotográficos en sus fondos. ¿Es posible congelarlos y secarlos por congelación?	98
17.	PALABRAS FINALES: PLANIFICACION DE LA PREPARACION PARA CASOS DE DESASTRE	99
17.1.	¿Por qué prepararse para un desastre?	99
17.2.	Contenido de un plan de preparación para casos de desastre	100
17.3	La prevención: aspecto fundamental de la preparación .	101
18.	REFERENCIAS	102

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1: Curvas del equilibrio
temperatura/presión del agua pura
- FIGURA 2: Diagrama sencillo de una cámara de vacío para
el secado

LISTA DE CUADROS

CUADRO 1:	Unidades típicas utilizadas para medir la presión al vacío
CUADRO 2:	Relación presión del vapor-temperatura para agua/hielo

PREFACIO

La División del Programa General de Información de la Unesco ha elaborado un programa a largo plazo, denominado Programa de Gestión de Documentos y Archivos (RAMP), con objeto de ayudar a satisfacer las necesidades de los Estados Miembros, y en especial de los países en desarrollo, en los sectores especializados de la gestión de documentos y la administración de archivos.

Los elementos básicos del RAMP responden y contribuyen a los temas generales del propio Programa General de Información. El RAMP comprende proyectos, estudios y otras actividades destinadas a:

- establecer normas, reglas, métodos y otros instrumentos normativos para el tratamiento y la transferencia de información especializada y la creación de sistemas de información compatibles;
- posibilitar que los países desarrollados creen sus propias bases de datos y tengan acceso a las existentes en el mundo, a fin de aumentar el intercambio y la circulación de la información mediante la aplicación de tecnologías modernas;
- promover la creación de redes regionales de información especializada;
- contribuir al desarrollo armónico de servicios y sistemas compatibles de información internacional;
- crear sistemas nacionales de información y mejorar los diversos componentes de estos sistemas;

- formular políticas y planes de desarrollo en esta esfera;
- formar especialistas y usuarios en materia de información y desarrollar las posibilidades nacionales y regionales para la instrucción y la capacitación en ciencias de información, biblioteconomía y administración de archivos.

Este estudio RAMP abarca la conservación de los documentos de archivo y la aplicación del secado por congelación para salvar los documentos dañados por inundaciones. Como señaló el autor, el estudio resume una amplia gama de datos sobre el secado por congelación y cita dos métodos que se emplean actualmente para secar materiales de archivos y bibliotecas dañados por el agua, sugiere ideas acerca de la planificación de contingencia para casos de desastres, e identifica la bibliografía recomendada que figura en la lista de referencias adjunta al estudio.

Se agradecerán las observaciones o sugerencias relativas al presente estudio, que deberán dirigirse a la División del Programa General de Información, Unesco, 7, Place de Fontenoy, 75700 París, Francia. También pueden obtenerse los otros estudios realizados en el marco del programa RAMP dirigiéndose a dicha dirección.

PROLOGO

La liofilización es un término ya familiar gracias a la propaganda que se ha hecho a algunos alimentos y bebidas para el consumo que se encuentran en el mercado, y que abarcan desde fresas deshidratadas hasta cristales parduzcos en un pote que se convierten en una taza de café añadiéndoles agua caliente. Tal vez algunas personas sepan que esos productos se elaboran en una cámara de vacío, del mismo tipo de las que se emplean como simuladores para entrenar a los astronautas o para probar satélites y vehículos lunares antes de lanzarlos al espacio. Pero cuando se habla de una cámara de vacío o simulador como instrumento eficaz para secar una tonelada de libros empapados por la rotura de una tubería maestra, o montones de libros empapados por las mangueras que emplean los bomberos para sofocar las llamas, disminuye el número de personas actualizadas en la materia.

Entre los archiveros y los bibliotecarios hay muchos que recuerdan "haber leído algo acerca de eso" en publicaciones profesionales, pero conservan una idea vaga de en qué consiste el proceso, cómo funciona y cómo se relaciona con ellos. En consecuencia, el propósito de este estudio es llenar ese vacío de información. Para ello, el estudio resume una amplia gama de datos que incluye, entre otros hechos pertinentes, el comportamiento del papel cuando se moja, su vulnerabilidad en ese estado, su estabilización por congelación, las cámaras de vacío y cómo secan, además de estudios de caso seleccionados en los que se emplearon dichas cámaras satisfactoriamente para salvar documentos y libros dañados por el agua.

El estudio cita dos métodos que se emplean actualmente para secar materiales de archivos y bibliotecas dañados por el agua, a saber, el secado por congelación al vacío mediante la sublimación y el secado al vacío por evaporación. Se presta especial atención al secado por congelación, método que requiere congelar previamente los materiales mojados. Esto conduce a un estado de estabilización total que, a su vez, proporciona un tiempo ilimitado para pensar, planear y decidir el futuro curso de acción. Ahora bien, estas ventajas no significan que disminuya automáticamente la importancia del secado al vacío, el cual, como revela el estudio, es un método muy eficaz. Pero como por lo común en este caso los materiales no se congelan previamente, podrían surgir algunas necesidades. Por ejemplo, en dependencia de la situación, tal vez sería preciso colocar los materiales mojados en una cámara lo más pronto posible para evitar la aparición del moho.

Muchas personas, -conservadores, conservadores-científicos y fabricantes-, ofrecieron amablemente información sobre el secado por congelación en respuesta a las cartas que les envió el autor. Se agradece profundamente a estas personas el valioso tiempo que dedicaron, a expensas de sus numerosas ocupaciones, para proporcionar dichas respuestas.

1. INTRODUCCION

1.1 El agua: peligro omnipresente

Los principales enemigos de los documentos almacenados en archivos y bibliotecas siempre han sido el fuego y el agua, cada uno de los cuales es agente de un tipo concreto de destrucción. Si bien se cree que los incendios, con su espectacular despliegue y su pavorosa irrevocabilidad, constituyen la causa predominante de destrucción, al analizar la literatura sobre catástrofes en archivos y bibliotecas, se observa que en su mayoría fueron ocasionadas por el agua. En un edificio consumido por las llamas habrá que dar por perdidos los fondos. Por otra parte, pese a que en determinadas circunstancias, el agua puede ser tan destructiva como el fuego, es posible salvar los materiales si se toman las medidas pertinentes.

Entre los numerosos informes registrados sobre catástrofes en las que el agua que se empleó para extinguir el incendio ocasionó tanto daño como el fuego o más, hay dos ejemplos impresionantes. El primero de ellos fue presenciado por Schmelzer (1), bibliotecario de la Library of the Jewish Theological Seminar de la ciudad de Nueva York. En noviembre de 1966 se declaró un incendio en uno de los pisos superiores del edificio de 10 plantas. Como resultado, unos 70.000 libros quedaron prácticamente reducidos a cenizas. Sin embargo, debido a la estructura de estantes múltiples abiertos de la biblioteca, el agua que se utilizó para extinguir el incendio corrió hacia abajo por siete pisos y dañó los 150.000 ejemplares restantes.

El segundo caso, informado por Stender y Walker (2), sucedió en uno de los mayores archivos conocidos: la National Personnel Records Office en South St. Louis, Missouri, que contenía millones

/...

de expedientes personales de antiguos empleados del gobierno federal, tanto civiles como militares, en un edificio de seis plantas de hormigón sólido. En julio de 1963 estalló un incendio en el sexto piso. Mediante chorros de agua continuos los bomberos pudieron confinar el incendio a ese nivel, pero una vez extinguidas las llamas, las seis plantas del centro tenían varias pulgadas de agua en el piso. El agua fluyó libremente por todo el edificio, especialmente por las zonas de servicio y por los puntos donde pasaban tuberías internas por el piso. Las tuberías de agua rotas en el sexto piso incrementaron la inundación. De las plantas inferiores inundadas se extrajeron unos 10.000 pies cúbicos (280 metros cúbicos) de expedientes dañados por el agua para su tratamiento ulterior, junto con varios miles de pies cúbicos de expedientes del sexto piso que habían sido dañados por el fuego y el agua.

Si bien el agua empleada para extinguir un incendio puede ocasionar una destrucción mayor que el fuego, afortunadamente esta fuente de agua indeseada suele evitarse gracias a la construcción de edificios a prueba de incendios y a la pericia de los bomberos (3). Por otra parte, hay muchas otras fuentes de agua que constituyen un peligro potencial para las colecciones de los archivos y bibliotecas. Una de ellas es atribuible a la naturaleza: tornados, huracanes, inundaciones, tormentas de lluvia, y nieve. Otra es imputable al hombre: filtraciones en las tuberías de suministro o drenaje de agua; roturas o salideros en las tuberías de vapor del edificio; averías en los calentadores de agua o los sistemas de aire acondicionado; tupidiones en los desagües y servicios sanitarios; filtraciones en depósitos o tanques de agua; filtración en techos y ventanas; rezumamiento en sótanos; obstrucción en los canalones y las tuberías de drenaje de los techos y roturas en las tuberías maestras.

/...

Un ejemplo clásico del daño que puede ocasionar una rotura en una tubería maestra figura en la descripción, muy documentada, de la inundación de la Universidad de Stanford (4). El 8 de noviembre de 1978 se rompió una tubería maestra de agua de 8 pulgadas (25,4 centímetros) fuera de una de las bibliotecas de Stanford, la Meyer Research Library, donde se estaba realizando una nueva construcción. El lugar de la rotura se encontraba a unos 20 pies de la pared más cercana. Alrededor de 20 minutos después de producirse la rotura se detuvo el derramamiento de agua. Entretanto, el agua penetró en el sótano de la biblioteca, donde había dos niveles de estantes metálicos, y dañó unos 50.000 ejemplares de obras de investigación.

2. PAPEL MOJADO

2.1 Problemas asociados

2.1.1 Absorción e hinchamiento

El papel posee una capacidad higroscópica normal para absorber el agua. Ahora bien, el papel fabricado antes de mediados del siglo XIX tiene una capacidad de absorción de agua aún mayor en virtud de la mayor cantidad de apresto soluble en agua que se empleaba entonces. Por ejemplo, los libros de este período absorberán hasta un promedio del 80 por ciento de su peso original. Además, el papel que se usaba en ese período para los libros o manuscritos es sumamente vulnerable a la infección microbiológica, aunque luego de una inmersión total en agua perduraría más que el papel fabricado después de mediados del siglo XIX. Los libros posteriores a este período se trataban con aprestos resistentes al agua, por lo que absorben un promedio del 60 por ciento de su peso. Así pues, para calcular el peso original de una colección, si cada libro pesa alrededor de cuatro libras (1,81 kilogramos) cuando está seco, y hay, por ejemplo, unos 20.000 de cada período,

/...

es preciso planificar la eliminación de 64,000 libras (29.000 kilogramos) de agua del período anterior y 48.000 libras (21.773 kilogramos) del posterior (5).

En cuanto al hinchamiento de los libros, el mayor daño ocurre principalmente dentro de las primeras ocho horas después de haberse mojado, y puesto que el cuerpo del libro y las tapas se impregnan más de agua que el material de cubierta, las tensiones que se producen hacen que el lomo libre adopte una forma cóncava y el lomo unido adopte una forma convexa. Esta tensión obliga a las tapas y el lomo del libro a desprenderse parcial o totalmente (5).

2.1.2 Infección microbiológica

Gallo (6) describe algunos esquizomicetos (bacterias), realmente poco numerosos, y alrededor de 100 especies de hongos, que en condiciones favorables, atacan e infestan la materia orgánica del papel. Aunque las materias primas que se utilizan en la fabricación del papel contienen esporas de hongos y esquizomicetos en espera de condiciones favorables para desarrollarse, la infección de los documentos se debe más bien a las esporas que se encuentran siempre en el aire o en el polvo. Las esporas necesitan aire para desarrollarse; un libro o un legajo de manuscritos totalmente inmersos en agua son inmunes a los ataques. Este estudio se centrará en los hongos puesto que sus esporas ocasionan daños mayores y más frecuentes que las bacterias.

Las esporas microbianas de la planta fúngica, cuyo tipo más común se conoce por moho, necesitan los siguientes elementos para reproducirse: humedad, una temperatura relativamente templada y un nutriente. El primero, la humedad, abunda cuando el agua inunda un archivo o biblioteca. La temperatura superior a la normal se

/...

produce cuando la estación es cálida (el problema se mitiga si es fría), si la ventilación es deficiente, si está roto el sistema de aire acondicionado, o si hay calor a causa de un incendio extinguido. El tercer elemento, el nutriente, es esencial, porque como la planta fúngica no tiene clorofila para transformar el dióxido de carbono en carbohidratos para el crecimiento de los tejidos, debe tomar los carbohidratos directamente de la materia orgánica. Desafortunadamente, los nutrientes abundan en la celulosa del papel, la proteína del pergamino y el cuero, junto con los nutrientes de las sustancias adhesivas de origen animal o de almidón que se emplean para aprestar, encolar o empastar.

Kowalik (7) añade que los microorganismos no sólo tienen celulosa a su disposición, sino también otras sustancias como lignina, hemicelulosas, pectinas, ceras, tanino y componentes minerales. Además, el papel puede contener rellenos resinosos y colorantes, añadidos durante los ciclos de producción, así como diversas impurezas que también pueden formar parte de la dieta de los microbios.

En todo caso, si la temperatura oscila entre 18° y 36°C (65° a 96,8°F) y la humedad relativa es superior al 65 por ciento, es probable que aparezca una infección de moho en los libros y documentos mojados unas 72 horas después de la inundación. Ahora bien, esta no es una regla estricta. Waters (8) informa sobre un caso en que el moho se desarrolló profusamente en los lomos mojados de ejemplares muy valiosos hasta alcanzar un espesor de 1/4 a 1/2 pulgadas (6 a 12,7 milímetros) unas 52 horas después de ocurrido el desastre. En realidad, durante almacenamientos prolongados el hongo crecerá, aunque lentamente, a una humedad relativa de incluso 60 por ciento. Recientemente, en la Biblioteca Nacional de Gales (9) se declaró un brote de moho (sin producirse inundación alguna) en algunos documentos en que la humedad relativa no sólo era inferior al 70 por ciento, sino que en algunos casos era incluso del 50 por ciento.

/...

El primer indicio visible de la presencia de moho es una capa de polvillo blanco que aparece en la superficie de un documento o libro. A veces se precisa de una luz especial para detectarlo. Incluso un indicio ligero es un aviso de que la temperatura y la humedad están por encima de los límites de seguridad. En este punto la planta fúngica ha desarrollado hifas (órganos de aspecto radicular) que han penetrado en el estrato del nutriente a fin de alimentarse para su crecimiento. A medida que la planta metaboliza las sustancias necesarias para su desarrollo, secreta ácido cítrico, oxálico, láctico y otros ácidos orgánicos que afectan al material del cual se alimenta. Al propio tiempo, la planta segrega pigmentos de color verde, azul, pardo, negro, rojo y amarillo, que se depositan en el huésped. Estas manchas son prácticamente imposible de eliminar, y pueden obliterar el texto de un manuscrito o de un libro.

Cuando el moho ataca el papel surgen otros problemas complejos: la resistencia que confiere el apresto al papel disminuye; cuando el ataque recae en la celulosa, la estructura del papel se daña hasta el punto de que se suaviza o se fragiliza tanto que se llega a romper.

Gallo (6) señala que en algunos casos los hongos pueden ejercer una acción mecánica sobre el papel: sus hifas pueden filtrarse por entre las fibras del papel sin atravesarlas en realidad, o los cuerpos fructíferos de los hongos, que están cubiertos de una vellosidad, se infiltran entre una hoja y otra; en ambos casos, las páginas del libro o legajo de documentos se pegan.

/...

2.1.3 Adhesión de las hojas

Cuando un legajo de documentos o un libro mojado se deja secar en condiciones favorables, comenzará a perder su contenido de agua por la superficie exterior. La acción de la capilaridad permite que el agua del interior avance hacia afuera y arrastre consigo todo tipo de materiales solubles en agua como colorantes, pigmentos, sustancias adhesivas y ácidos. En el caso de los libros, la concentración de estos materiales -en particular los ácidos y las sustancias adhesivas- provocarán que los bordes de las hojas del texto se fragilicen y se peguen. Si estos bloques de hojas se dejan en ese estado después de secarse, se acelerará el ya grave deterioro de la celulosa del papel (8).

Los libros de papel estucado presentan problemas especiales. El estucado suele aplicarse al papel para obtener una superficie uniforme, y aumentar su opacidad, suavidad y brillo. Los componentes básicos del estucado contienen pigmentos como el coalín o la proteína solubilizada (10). Waters (8) señala que en presencia del agua, los estucados a base de almidón y algunas mezclas de caseína pueden convertirse, de pegamentos secos, en gelatina, y luego solidificarse de nuevo al secarse. Cuando estas mezclas adhesivas se encuentran en estado líquido, cualquier presión ocasionará que los estucados se fusionen y formen una unión permanente durante el ciclo de secado.

2.1.4 Traspaso de tintas y colorantes

Cuando se mojan documentos manuscritos o volúmenes encuadernados en los que se ha empleado tinta, los archiveros y bibliotecarios se enfrentan al problema del corrimiento o el traspaso de esas tintas. En las dos principales categorías de tintas, las fabricadas a base
/...

de carbón no constituyen ningún problema puesto que ese material orgánico no es soluble: aunque su medio de unión (cola o goma) haya tenido un proceso de descomposición prolongado, las partículas de carbón quedan embebidas en la fibra. Ahora bien, hay tintas que parecen de carbón pero en realidad son bastante solubles. En la segunda categoría principal se encuentran las denominadas tintas ferrosas, compuestas por ácido galotánico en presencia de hierro en un vehículo. Mientras que el carbón permanece en la superficie, la tinta ferrosa se impregna en el papel de modo que los componentes ferrosos insolubles que se forman cuando la tinta envejece permanecen como parte integrante de la superficie del papel. En los casos en que la tinta ferrosa envejecida adquiere un color pardo rojizo o amarillento, no es prudente inferir que todas las tintas de esos tonos son ferrosas, y, por ende, insolubles. Estos mismos colores pueden aparecer en tintas hechas de sepia o raíces de haya que no son permanentes (11).

Las tintas se han fabricado siempre según múltiples fórmulas, por lo que su naturaleza, apariencia y permanencia varían. Algunas tintas más modernas se hacen "permanentes" para las plumas de fuente empleando sulfato férrico y ácido tánico. Sin embargo, los colorantes que se emplean para las distintas tonalidades se correrán al entrar en contacto con agua. Algunas de las tintas empleadas para escribir tienen apenas una solución acuosa diluida de uno o más colorantes sintéticos. Otras tintas "permanentes" como las que se fabrican con componentes ferrosos, se degradarán o correrán con el agua hasta que hayan envejecido, o, dicho de otro modo, se hayan oxidado completamente. En cuanto a las tintas coloreadas, en su mayoría son solubles, cualquiera que sea su antigüedad.

Si bien la mayoría de los fondos de los archivos y bibliotecas son de papel no coloreado, la mayor parte de los materiales más modernos, incluso cuando parezcan blancos, contienen colorantes

/...

que se añaden para mejorar su apariencia. Se emplean dos tipos fundamentales de colorantes para las tonalidades y coloración, a saber, pigmentos coloreados y colorantes solubles en agua. Estos últimos son los más usados. La palabra "soluble" significa que el colorante es soluble en agua y que tiñe las fibras a partir de una solución en agua. Esos colores no son "permanentes" y se desteñirán al mojarse.

2.1.5 El factor tiempo

Los problemas asociados con el daño que produce el agua en los materiales de archivos y bibliotecas -absorción e hinchamiento, infección de moho, compactación o adherencia de las hojas, traspaso de tintas y colorantes- empeoran con el transcurso del tiempo; se dificulta salvar los materiales y el costo puede elevarse. La reparación y restauración ulteriores pueden complicarse, encarecerse y hacerse más prolongadas. En resumen, el factor tiempo es un problema si no se dispone de él. Empero, existe un modo de ganarlo en cantidades ilimitadas; se logra con el proceso denominado estabilización por congelación.

3. ESTABILIZACION POR CONGELACION

El método más eficaz que se ha descubierto hasta el momento, y que en general goza de gran aceptación entre los conservadores para estabilizar los materiales de archivos y bibliotecas dañados por el agua es la congelación a bajas temperaturas. Se recomienda un nivel de -30°C (-20°F) aproximadamente; los materiales congelados se mantienen en frigoríficos. La congelación rápida, como la llamada congelación por chorro de aire, es un método utilizado para formar cristales de hielo del tamaño más pequeño posible. La congelación lenta produce cristales de hielo grandes parecidos a agujas.

/...

3.1 Ventajas

3.1.1 Detiene el ataque del moho

La congelación detiene la infección micótica ya que las esporas no encuentran las condiciones que necesitan para su reproducción y crecimiento. En realidad la congelación no destruye las esporas del moho; éstas se mantienen en estado latente hasta que exista un medio más favorable. Pero el hecho cierto es que la infección se detiene y sus efectos perniciosos no tienen lugar.

3.1.2 Estabiliza las tintas y los colorantes solubles

La congelación tiene la ventaja adicional de estabilizar las tintas, los tintes, las tinturas, los colorantes, y demás sustancias por el estilo, solubles en agua, que se utilizan en manuscritos, mapas, bocetos, dibujos y documentos similares. Más tarde, cuando se efectúa el secado por congelación, es posible contener el traspaso o corrimiento de las tintas y los colorantes puesto que la fase líquida se obvia.

3.1.3 Evita la adhesión de las hojas

El problema de que las hojas se peguen o adhieran entre sí se circunscribe fundamentalmente a libros y publicaciones periódicas impresos en papel estucado, para el cual se utiliza un pigmento de revestimiento con una pasta a base de caseína y almidón, dos sustancias altamente solubles en agua. Si el material de papel estucado que se ha mojado se deja secar, el libro se convertirá en algo parecido a un ladrillo de arcilla y será imposible restaurarlo. Por ahora el único método de recuperación conocido que se considera práctico, especialmente cuando se trata de grandes cantidades de materiales dañados por el agua, consiste en congelar el material mientras está mojado y después secarlo al vacío. /...

3.1.4 Permite una planificación metódica y pausada

La estabilización por congelación de los materiales de archivos y bibliotecas dañados por el agua libera de un peso enorme a quienes sufren este tipo de desastre. La estabilización permite disponer de tiempo para consultar a expertos acerca de la selección de los métodos de secado; para valorar los daños y ver qué se puede desechar, sustituir y microfilmear; para determinar qué tipo de reparación o restauración se necesita; y para restablecer la zona de almacenamiento afectada o encontrar otra ubicación.

4. SECADO POR CONGELACION AL VACIO

4.1 Elementos básicos del secado por congelación

4.1.1 Unidades de medida

En primer lugar sería conveniente pasar revista a los términos que se utilizan comúnmente para expresar la cantidad de presión a que se somete la cámara de vacío utilizada para secar. Como el lector observará más adelante, el secado por congelación es uno de los procesos que se realizan al vacío y en condiciones que se encuentran por debajo de la presión atmosférica normal. La presión atmosférica normal (al nivel del mar) es de 1,033 kilogramos por centímetro cuadrado o 14,7 libras por pulgada cuadrada, 760 torr ó 1.000 milibares. En el lenguaje científico 1 atmósfera equivale a 760 torr (1 torr equivale a 1 milímetro de mercurio, cuyo símbolo es Hg). Durante muchos años la unidad de medidas para la presión se expresó en mm Hg. Más tarde, en reconocimiento al trabajo de Torricelli -la invención del barómetro de mercurio en 1643- la unidad recibió el nombre de torr. Sin embargo, los dos términos, mm Hg y torr, son de uso corriente y aparecerán indistintamente en este estudio.

/...

Cabe mencionar que en el *Système Internationale D'Unités* (Sistema SI) la unidad de medida es el Pascal, que está relacionado con el bar. Otra unidad que se utiliza, pero que se considera obsoleta, es el micrón.

Torr	mm Hg	Micron	Pascal	Millibar
1	1	1.000	133,3	1,333
10^{-1}	0,1	100	13,33	0,133
10^{-2}	0,01	10	1,33	0,0133
10^{-3}	0,001	1	0,133	0,00133

Cuadro 1. Unidades típicas utilizadas para medir la presión al vacío.

4.1.2 Sublimación y evaporación

A los fines de este estudio, el secado por congelación se define como un método que se emplea para secar materiales de archivos y bibliotecas mojados, según el cual los materiales se congelan y después se someten al vacío, condición en la que pasan del estado sólido al de vapor sin pasar por la fase líquida.

Cuando un líquido se transforma en vapor por medio del calor, el fenómeno se denomina evaporación. Cuando se encuentra en estado sólido (congelado), y se transforma en vapor mediante la aplicación de calor sin pasar por la fase líquida, se denomina sublimación. Un ejemplo de sublimación es el siguiente: la conservación en las altas zonas montañosas, donde el agua de las carnes se congela y después se evapora (sublima) sin pasar por la fase líquida, que produce efectos secundarios indeseados.

El proceso de sublimación y evaporación depende en última instancia de la relación de la temperatura y la presión con la energía cinética (energía del movimiento constante) presente en el agua en su estado líquido o sólido. Por ejemplo, en una tetera

/...

con agua, a medida que aumenta la temperatura aumenta la energía cinética y permite que las moléculas del líquido se escapen en forma de vapor. La vaporización máxima tiene lugar en el punto de ebullición, 100°C (212°F) a 1 atmósfera. Por el contrario, la presión del vapor de agua, es decir, la presión del vapor en equilibrio con el líquido, es de 760 mm Hg a 100°C . Si la presión atmosférica se reduce, por ejemplo, hasta 525,8 mm Hg, como sería el caso si el agua de la misma tetera hirviera en la cima de una montaña, el punto de ebullición disminuirá en varios grados y sería 90°C (194°F). Esto se debe a que a esa temperatura la presión del vapor de agua es de 525,8 mm Hg.

El agua en su estado sólido se comporta casi de la misma manera que en su estado líquido, salvo que la temperatura en que la energía del movimiento del sólido (hielo) libera las moléculas de vapor de agua, empieza en el extremo opuesto de la escala termométrica: del punto de congelación hacia abajo. Los valores numéricos de las escalas de la presión del vapor son muy bajos. La sublimación del cuerpo sólido tendrá lugar cuando se utilicen temperaturas seleccionadas por debajo del punto de congelación con presiones adecuadas. Esto se explicará en el texto más adelante.

/...

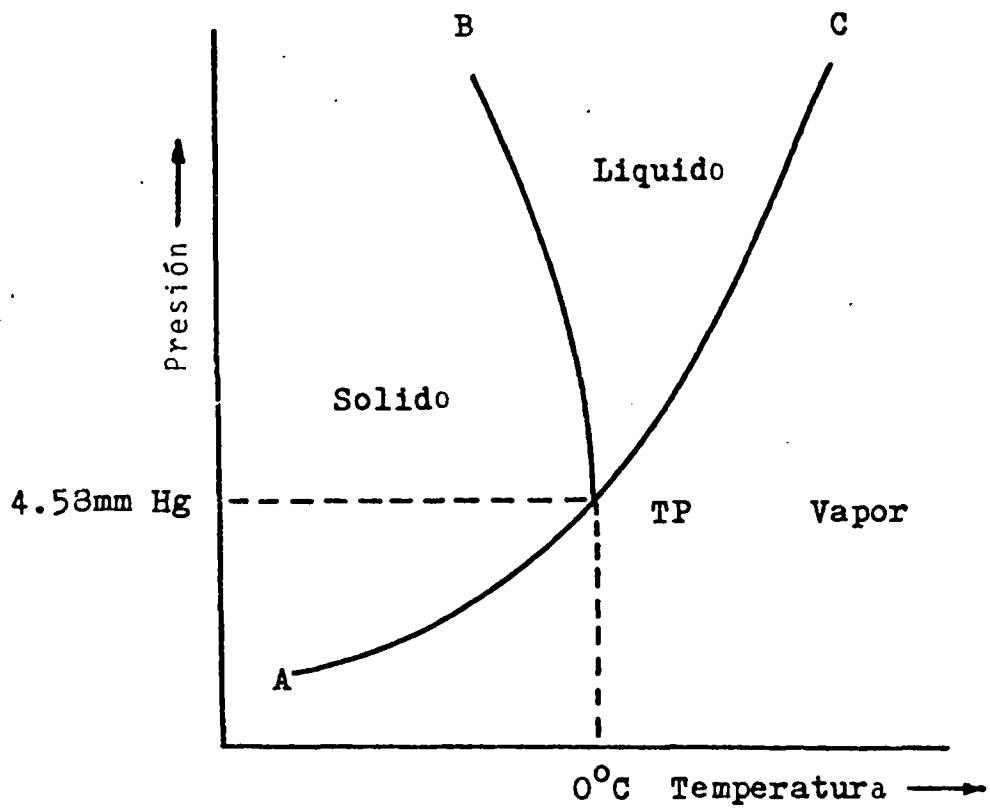


Figura 1. Curvas del equilibrio temperatura/presión del agua pura.

/...

4.1.3. Valores de la relación temperatura/presión en el caso del agua

Un método gráfico para explicar la influencia de la relación temperatura/presión sobre el agua en los estados sólido, líquido y gaseoso es el de las curvas del equilibrio temperatura/presión del agua pura que se muestra en la Figura 1. En el punto triple TP, a una presión de 4,58 mm Hg y una temperatura de 0°C (32°F), los tres estados del agua -sólido, líquido y gaseoso- pueden existir en estado de equilibrio. El sólido se encuentra en la zona entre A-TP y B-TP, el líquido entre B-TP y C-TP y el gaseoso por debajo de la zona A-TP-C.

Un punto sobre cualquiera de las curvas representa el estado de equilibrio entre dos estados cualesquiera a una temperatura y una presión determinadas. Si la temperatura y la presión aumentan, el sólido entra en la zona del líquido y se derrite. Si se reduce la temperatura y se reduce o se mantiene constante la presión, el sólido puede transformarse en vapor. En otras palabras, la sublimación se hace posible porque no existe una zona "líquida" entre las zonas "sólida" y "gaseosa". Si la temperatura o la presión del sistema varían y se apartan del valor del punto triple, por lo menos uno de los tres estados desaparece.

/...

°C	Torr	°C	Torr	°C	Torr
100	760,0	0	4,58	-24	,53
60	149,4	-2	3,88	-26	,43
50	92,51	-4	3,28	-30	,29
40	55,32	-6	2,76	-32	,23
30	31,82	-8	2,33	-34	,19
20	17,54	-10	1,95	-36	,15
10	9,21	-12	1,63	-38	,12
5	6,54	-14	1,36	-40	,097
4	6,10	-16	1,13	-42	,077
3	5,69	-18	,94	-44	,061
2	5,29	-20	,78	-50	,0296
1	4,93	-22	,64	-60	,0081

Cuadro 2. Relación presión del vapor-temperatura
para agua/hielo

/...

4.1.4. Presión del vapor

El hielo que se encuentra en una cámara a la que se le extrae el aire y se mantiene a una temperatura determinada, liberará moléculas en forma de vapor de agua. Este escape (sublimación) es continuo. Las moléculas chocarán entre sí y contra las paredes de la cámara, y algunas regresarán a la superficie del hielo. En definitiva, la velocidad con que las moléculas regresan al hielo será igual a la velocidad con que salen de él. En este punto el vapor de agua y el hielo están en estado de equilibrio; la presión a que esto ocurre se denomina presión del vapor en equilibrio. Si la temperatura de la cámara es, por ejemplo, de -20°C (-4°F), la presión llegará a 0,78 mm Hg. Esta es la presión del vapor en equilibrio y, en consecuencia, la presión del vapor, como se ve en el Cuadro 2. La presión que ejerce el vapor depende sólo de la temperatura mientras haya algún líquido presente.

4.2. Condiciones necesarias para el secado por congelación

En primer lugar, el objeto debe encontrarse en estado de congelación, en el cual, como hemos visto, deja escapar moléculas de vapor de agua. En segundo lugar, para producir una sublimación continua debe encontrarse un método que permita eliminar las moléculas de vapor de agua que están alrededor del hielo. El método más eficaz para eliminarlas es crear en otro lugar, pero cerca del hielo, una superficie más fría (condensador) con una presión de vapor más baja. En estas condiciones las moléculas de vapor de agua se difundirán hacia la superficie más fría, donde volverán a condensarse y quedarán atrapadas en forma de cristales de hielo.

Ilustremos esta relación entre el objeto congelado y el condensador: si en la cámara que contiene el objeto congelado hay una temperatura de, por ejemplo, -14°C ($6,80^{\circ}\text{F}$), la presión del vapor es de 1,36 mm Hg según el Cuadro 2. Si la temperatura del

/...

condensador cercano es de -40°C (-40°F), la presión del vapor en la superficie fría es de 0,097 mm Hg. Esto equivale a una relación de la presión del vapor de 14 a 1, diferencia que será más que suficiente para atraer el vapor de agua que emana del objeto congelado.

El paso siguiente consiste en encontrar un método que facilite el desplazamiento de las moléculas de vapor de agua hacia la trampa del condensador. Para esto es necesario disminuir el aire y las otras moléculas incondensables con las que chocan las moléculas de vapor de agua. Un método eficaz es utilizar un sistema de bombeo al vacío.

La velocidad con que se produzca el secado por congelación dependerá en gran medida de la velocidad con que incorpore calor el objeto congelado. Al sublimarse el hielo, absorbe calor; esta energía es necesaria para acelerar la liberación de las moléculas en forma de vapor de agua. Esta energía se llama calor latente de sublimación. Si no se elimina, la temperatura del objeto congelado disminuirá gradualmente en la tasa de sublimación.

Para las cámaras pequeñas bastará con la energía calorífica que proviene del aire circundante exterior y la temperatura ambiente. El objeto congelado recibe calor a través de las paredes y la puerta de la cámara por conducción o radiación.

Cuando hay que someter grandes cantidades de materiales congelados al secado por congelación, generalmente se usa el caldeo por resistencia, o un dispositivo similar, para suministrar energía calorífica. En todo caso, la cantidad de energía calorífica que se suministra al objeto congelado no debe exceder la velocidad con que el vapor de agua abandona el objeto, ya que, de lo contrario, puede producirse un cambio del estado sólido al líquido y en ese caso la sublimación no tendría lugar.

/...

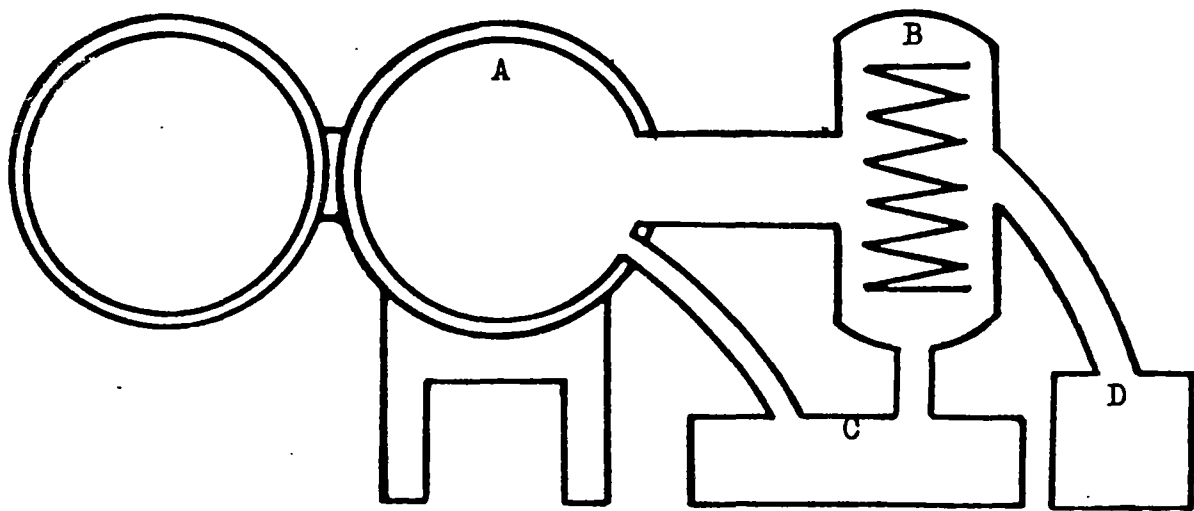


Figura 2. Diagrama sencillo de una cámara de vacío para el secado por congelación. A, cámara, B, condensador refrigerado. C, unidades de refrigeración para la cámara y el condensador. D, bomba al vacío.

/...

4.3. Componentes básicos de un sistema de secado por congelación

En la figura 2 se ilustra un sistema simplificado de secado por congelación cuyos componentes básicos, que suelen estar colocados en serie como se ve en el diagrama, comprenden una cámara, un condensador y una bomba de vacío. Las dimensiones del cilindro de la bomba no cuentan, siempre que pueda soportar una presión externa de 1,033 kilogramos por centímetros cuadrado (14,7 libras por pulgada cuadrada). Debe ser hermética, refrigerada y tener una abertura que permita el acceso con facilidad.

La característica principal del condensador refrigerado es que debe estar situado en la trayectoria directa de las moléculas de vapor de agua en movimiento, donde puedan ser atrapadas. Al ponerse en contacto con la superficie del condensador, los vapores de agua entregan su energía calorífica, se convierten en cristales de hielo y son eliminados del sistema, impidiendo que se desplacen a la bomba de vacío.

Los condensadores son fundamentalmente de dos tipos, internos o a distancia. La elección depende del uso para el que se desee. El tipo de condensador a distancia se ubica en una cámara de vacío que está separada de la cámara que aloja los objetos congelados. Esto se muestra en la Figura 2. Este tipo de condensador puede aislarse mediante una válvula que permitirá la descongelación. Los secadores por congelación más pequeños pueden descongelarse con agua caliente o con el aire natural. Algunos secadores por congelación de tamaño mediano tienen condensadores internos previstos para formar un "tapon" de hielo que puede extraerse después de aflojarlo con gas caliente.

/...

Aparte de las características de diseño técnico requeridas para un sistema de vacío, la bomba debe tener capacidad para reducir la presión de la cámara a niveles inferiores a 4 mm Hg. A una presión superior a este nivel el hielo no se sublima en vapor de agua, sino que se convierte en líquido. Si se examina la Figura 1 se comprobará esta afirmación.

El sistema simplificado de secado por congelación que aparece en la Figura 2 tiene dos compresores de refrigeración. Uno trabaja para el objeto congelado y debe ser capaz de producir temperaturas controladas inferiores a -5°C (23°F). El otro se utiliza para el condensador refrigerado y debe ser capaz de producir temperaturas de -40°C (-40°F) o inferiores. Recuérdese que la fuerza que arrastra el vapor de agua de la superficie del hielo es la diferencia de presión del vapor producida por la diferencia de temperatura entre el objeto congelado y el condensador.

Como se señaló anteriormente, se requiere energía calorífica para el proceso de sublimación. Cuando el calor conducido o irradiado no sea suficiente para la cantidad de materiales que se ha de secar por congelación, pueden instalarse calentadores. Algunos tipos de cámaras de vacío patentadas tienen calentadores incorporados en el diseño.

4.4. Grado de vacío requerido para el secado por congelación

Rowe y Snowman (12) afirman que el grado de vacío que se requiere para el secado por congelación está por lo general entre 0,3 y 0,03 torr. Estos valores están constituidos por las presiones parciales del aire y el vapor de agua dentro de la cámara, cuya suma equivale a la presión total medida. Por ejemplo, 0,3 torr podría tener un componente de 0,03 torr de aire y 0,27 torr de vapor de agua.

/...

La firma RHM Research Ltd. (13) coloca los documentos congelados en una cámara de secado por congelación (los estantes se enfrían a una temperatura de -30°C ó -22°F antes de llenarlos) y regula el vacío a un nivel de 0,1 torr (la temperatura del condensador es de -50°C ó -58°F). Alrededor de una hora más tarde se aplica calor a los estantes de la cámara a 40°C (-40°F). Según el espesor de los documentos, el tiempo de secado es de alrededor de cinco días. En esta etapa el vacío es de aproximadamente 0,06 torr.

Al llevar a cabo las operaciones de secado por congelación la Lockheed Missiles and Space Company (14) coloca los libros congelados en los estantes y enrarece rápidamente la cámara a menos de 4 torr; el agua libre que se encuentra en los libros se congela. Durante las primeras 56 horas, la cámara tiene una presión de 10^{-3} torr (el condensador está a menos de -101°C ó -149°F); la temperatura de los estantes no excede los $54,4^{\circ}\text{C}$ (130°F), la temperatura de los libros no excede los $37,8^{\circ}\text{C}$ (100°F). Cuando se estabiliza el peso del hielo en el condensador, la cámara se regula a la presión ambiente, aproximadamente 760 torr, se abre, se elimina el hielo y si algunos de los libros están húmedos, o casi secos, se colocan sobre estantes no calentados. Se vuelve a rarificar la cámara y se mantiene a 10^{-1} torr durante 26 horas; la temperatura del estante no es superior a los $54,4^{\circ}\text{C}$ (130°F). Cuando se observa la temperatura de los libros es superior a $12,8^{\circ}\text{C}$ (55°F) el ciclo está completo y la cámara se gradúa de nuevo a la presión ambiente.

5. OTROS METODOS DE SECADO

5.1 Secado al vacío

La diferencia entre el secado por congelación al vacío y el secado al vacío, estriba en realidad, en las bombas. En un sistema de secado por congelación la bomba tiene capacidad para crear un vacío de 4 mm Hg y menos; a temperaturas inferiores a 0°C (32°F)

/...

el agua en estado sólido (hielo) puede, en determinadas condiciones de presión y temperatura, convertirse en agua en forma de vapor (sublimación). Por otra parte, en el secado al vacío la bomba tiene capacidad para crear un vacío de 5 mm Hg o más; a temperaturas superiores a 0°C el agua en estado líquido se convierte en vapor (evaporación). Se puede representar gráficamente este fenómeno si se traza en la Figura 1 una línea imaginaria que represente los niveles de presión y temperatura mencionados.

Como hemos visto, es posible reducir el punto de ebullición del agua en estado líquido si se reduce la presión del aire. El punto de ebullición reducido a baja presión tiene muchas aplicaciones prácticas en el campo de la evaporación en vacío (evaporación a bajas presiones). Este proceso es de primordial importancia en la industria azucarera. Si se hierve el sirope a una presión atmosférica normal para evaporar el agua que contiene, el azúcar se carbonizaría. Sin embargo, la presión se mantiene a un nivel tan bajo que el agua puede eliminarse a temperaturas relativamente bajas.

En la industria aeroespacial se utilizan cámaras de vacío térmicas para comprobar el comportamiento de las naves espaciales, tales como los satélites meteorológicos, en condiciones espaciales simuladas. Esas cámaras, de una capacidad relativamente grande, son muy eficaces para secar grandes cantidades de materiales de archivo húmedos (no congelados). Una de esas cámaras cuenta con un sistema de aire purgado, método por el que se aplica una presión en vacío de 45 mm Hg durante una hora y media aproximadamente. A continuación se purga la cámara con aire seco que tenga menos del 1 por ciento de humedad; el aire pasa por los calentadores a una temperatura de 60°C (140°F). Esta operación continúa durante unos dos días y medio, tras lo cual se aplica de nuevo el vacío. El ciclo tiene una duración

/...

de cinco días aproximadamente. Para eliminar la evaporación de los materiales húmedos se aplica una inyección de vapor (15). Existen otros métodos para eliminar o purgar, por ejemplo, el empleo de condensadores refrigerados.

5.2 Secado a baja temperatura

Existe mucha confusión acerca de la terminología que se emplea al describir los métodos disponibles para secar los materiales de archivo y de biblioteca mojados. Por lo tanto, a esta altura del trabajo quizás convenga pasar revista a los términos que se emplean normalmente.

El secado por congelación al vacío es el proceso que se emplea para secar materiales congelados por sublimación a bajas presiones (alto vacío) y a temperaturas inferiores al punto de congelación. Tal vez para describir el secado por congelación al vacío sea menos confuso utilizar sencillamente la palabra "liofilización". En idioma inglés ambos términos pueden usarse indistintamente, aunque el primero es el más utilizado. No obstante, en otros idiomas, francés y español, por ejemplo, se prefiere la palabra liofilización; los diccionarios técnicos le dan un significado claro y conciso: congelación rápida de un material a temperatura muy baja seguida de una deshidratación rápida por sublimación en alto vacío.

El secado al vacío es el proceso que se emplea para secar materiales mojados (no congelados) por evaporación en una cámara de vacío a presiones relativamente más elevadas (bajo vacío) y a una temperatura superior al punto de congelación.

/...

El secado a baja temperatura sólo requiere un congelador. Es un proceso que no se realiza al vacío y ha recibido diversas denominaciones: sencillamente secado por congelación, secado por congelación ambiente, secado por almacenamiento en frío y secado a presión ambiente. El método de secado a baja temperatura seca los cuerpos sólidos por deshidratación. En este caso también se aplican las mismas leyes físicas que rigen la sublimación. El proceso es muy familiar para quienes han guardado alimentos sin envolver en el congelador de un refrigerador doméstico. Al transcurrir un tiempo el alimento se deshidrata, es decir, que se congeló, adquirió una presión del vapor más elevada que el punto de la temperatura más fría (unidad de congelación), sus moléculas de vapor de agua fueron atraídas hacia la unidad de congelación y quedaron atrapadas allí.

La congelación a baja temperatura como método de secado es relativamente bien conocida y ha sido utilizada por varios conservadores en el pasado, pero no se ha hecho popular, quizás debido al tiempo que se requiere para deshidratar los materiales congelados. Sin embargo, en un artículo publicado recientemente Smith (16) describe el uso de un congelador vertical comercial que se modificó para secar de 200 a 300 libros húmedos en un período de dos a cuatro semanas (y que también puede emplearse para exterminar los insectos de los libros). El modelo es completo, tiene un congelador vertical de puerta de cristal, y fue escogido teniendo en cuenta la existencia de centros de mantenimiento en varios países y por su capacidad para responder adecuadamente a los desastres de menor importancia que se producen en las bibliotecas. Las modificaciones incluyen el establecimiento de un diferencial de temperatura entre el compartimiento de los libros y el evaporador (unidad de congelación), la eliminación de fuentes de calor innecesarias, y la instalación de controles de temperatura, un termopar indicador, dispositivos de señalización y contadores.

/...

5.3 Secado por congelación natural

El secado por congelación natural se menciona brevemente como cuestión de interés y para evitar confusiones con otros métodos que se utilizan para el secado. Es una técnica que se aplica para un fin determinado y está limitada a las regiones del mundo donde prevalece el clima invernal con temperaturas inferiores al punto de congelación. Obsérvese que este método es muy similar a los descritos anteriormente.

Gratten y McCawley (17) describen este método y lo denominan "secado por congelación en exteriores", por el cual la madera saturada de agua se seca por congelación sin necesidad de una cámara de vacío. Se aprovechan las condiciones del invierno canadiense: la baja temperatura, las horas de sol diurnas que compensan el calor latente de sublimación, y el viento, que ayuda a eliminar el aire saturado de agua que emana del objeto congelado. Un alojamiento en forma de tienda de campaña con paredes de polietileno protege los objetos sometidos a tratamiento de las condiciones externas indeseables.

Cabe concebir el secado de los documentos y los libros congelados en las mismas condiciones que la madera saturada de agua. El proceso sería bastante lento, pero, con todo, sería una forma de secado por congelación "au naturel".

6. EL SECADO POR CONGELACION AL VACIO FRENTE AL SECADO AL VACIO

Frecuentemente se pregunta a los conservadores cuál de los dos métodos prefieren para secar los documentos y libros mojados. Por el momento no hay respuestas concluyentes que se basen en normas derivadas del uso, y la opción depende en gran medida de las circunstancias. Sin embargo, en términos generales, el secado por

/...

congelación parece ser el método preferido para los libros mojados. La estabilización es inmediata, las tensiones que sufriría un libro encuadernado se reducen al mínimo, los libros de papel estucado no se pegan al secarse, y los colores y las tintas solubles, los materiales de relleno y los pegamentos se mantienen en su lugar.

Por otra parte, el secado al vacío es un proceso húmedo. No se realiza la congelación previa, es algo más económico que el secado por congelación y la humedad se elimina por evaporación. Está muy difundido su empleo con los discos mojados. Sin embargo, se pierden las ventajas de la estabilización cuando existe el peligro de que los materiales sean atacados por hongos o se encuentran presentes elementos solubles. A este respecto, Flink (18) enfrentó el problema del secado de los manuscritos raros Kleinschmidt, que datan de mediados del siglo XIX y se encontraban en estado de congelación. Las pruebas preliminares indicaron que con el secado al vacío era posible que las tintas y los colores solubles se esparcieran o corrieran. De manera que eligió el secado por congelación, evadió la fase líquida durante el ciclo de secado y al final obtuvo buenos resultados.

7. EL SECADO POR CONGELACION NO ES UN PROCESO NUEVO

Harris (19) observa que la sublimación del hielo ya se conocía incluso desde mediados del siglo XVIII, pero el primer intento de secar tejidos por congelación fue realizado por Richard Altman en Leipzig, en 1890. La técnica que empleó fue un tipo de deshidratación en que el tejido, previamente congelado a -15°C (5°F), se colocaba en un secador del que posteriormente se extraía el aire con una bomba de vacío.

/...

Durante los primeros decenios del siglo XX la sublimación fue apenas una serie de experimentos de laboratorio. Sin embargo, la posible aplicación industrial de los resultados obtenidos del secado a partir del estado de congelación era manifiesta: las temperaturas empleadas en la sublimación eran lo suficientemente bajas como para garantizar que no se producirían cambios en muchas sustancias inestables como las que están presentes en la sangre, los virus, los microorganismos y otras sustancias biológicas y farmacéuticas; con las bajas temperaturas, las pérdidas de sustancias volátiles de algunos alimentos eran mínimas; no había burbujeo o espuma que provocara cambios en la superficie al concluir el secado; en la mayoría de los casos las sustancias disueltas quedaban dispersas y distribuidas uniformemente, el residuo restante era muy poroso, con un marco sólido, y la solubilidad era rápida; en las condiciones de congelación no podían producirse desarrollo bacteriológico ni cambios enzimáticos.

Durante el decenio de 1930 los científicos e ingenieros comprendieron que si se creaban condiciones de vacío apropiadas para extraer el vapor de agua, y si se aplicaban rápidamente al producto congelado, el proceso podría hacerse viable desde el punto de vista industrial (20). Con todo, no fue hasta poco antes de la Segunda Guerra Mundial que los modelos de laboratorio salieron al mercado. La necesidad de un amplio suministro de plasma sanguíneo contribuyó al desarrollo de equipos y técnicas de liofilización. Por otra parte, después de la guerra hubo prácticamente una explosión en el empleo de la liofilización para productos biológicos, farmacéuticos y alimenticios. Las aplicaciones de este proceso se han generalizado hasta abarcar no sólo el salvamento de materiales de archivos y bibliotecas mojados o dañados por el agua, sino también el salvamento de materiales textiles mojados, de piezas arqueológicas saturadas como cueros, telas, madera, restos de buques antiguos hundidos en el mar, taxidermias, y muestras de historia natural para los museos.

/...

7.1 Ejemplos de aplicaciones

7.1.1 Productos farmacéuticos

La primera vez que se utilizó la liofilización en gran escala con carácter industrial fue durante la Segunda Guerra Mundial para la conservación del plasma sanguíneo, el líquido que rodea a los glóbulos rojos. El plasma deshidratado se envasaba en paquetes sellados, y cuando era necesario se volvía a hidratar con agua esterilizada. Desde entonces la lista ha aumentado de manera sustancial hasta incluir productos médicos que no pueden almacenarse en estado líquido o congelado, por ejemplo, vacunas contra la rabia, el sarampión, las paperas y la rubeola; la penicilina y otros antibióticos; antídotos para mordidas de serpiente; células de piel humana para aplicar sobre las quemaduras; y muchos medicamentos para tratar el cáncer como el cipplatin anddaxorubin (21).

7.1.2 Productos alimenticios

Quizás el producto más adecuado para la producción en gran escala mediante la liofilización sea también el más familiar: el café instantáneo. En la liofilización el extracto de café se congela y después se introduce en una cámara de vacío donde se sublima su contenido de humedad; se obtiene una masa sólida que se reduce a gránulos. Estos se rehidratan con agua caliente para preparar una taza de café. Otros productos son las carnes, los vegetales y las frutas. Algunas frutas, como la fresa, se avienen perfectamente a la liofilización: un kilogramo de piezas resultantes de este proceso se convierte en diez kilogramos de fresas después de rehidratado (22). Otros productos que se prestan a este proceso son las especias, los productos lácteos, y los alimentos envasados.

/...

7.1.3 Especímenes biológicos

Entre los especímenes biológicos que se liofilizan sistemáticamente en los laboratorios están: las soluciones de bacterias o virus en suspensión, las enzimas, los hongos, los protozoos, y los tejidos, huesos y piel que se usan para injertos quirúrgicos (12). En la esfera microbiológica, los especialistas de los museos y los taxidermistas aplican este proceso a ejemplares de exhibición tales como roedores, reptiles, aves, crustáceos, insectos y peces. Al liofilizar estos ejemplares se conserva fielmente la apariencia y la estructura de los tejidos -se evita el encogimiento-, lo que es de vital importancia. Se han secado por congelación animales del tamaño de un cocodrilo de seis pies de largo con resultados satisfactorios; aparentemente, lo único que limita el tamaño de los animales es la capacidad de la cámara de vacío en la que se deshidratan (23).

7.1.4 Piezas arqueológicas

Cuando los arqueólogos encuentran materiales antiguos de madera, tela o piel que han permanecido en lugares mojados o húmedos, se enfrentan al problema inmediato de secar el objeto sin que produzcan encogimientos irreversibles, agrietamientos de la superficie u otras deformaciones. La liofilización es uno de los métodos que se aplican con buenos resultados para secar madera tratada (impregnada con polietilenglicol) con el fin de evitar el movimiento normal del agua que desintegraría las células dañadas (24). Utilizando una técnica similar se ha logrado preservar adecuadamente artículos de cuero (25). Asimismo, gracias a la liofilización se han recuperado tejidos neolíticos con piezas galoneadas después de limpiarlos y desalinizarlos a fondo (26).

/...

8. PRIMEROS EXPERIMENTOS EN EL SECADO POR CONGELACION DE LIBROS Y DOCUMENTOS

8.1 Precursores

8.1.1 Entidades canadienses

Uno de los primeros informes conocidos sobre los intentos de utilizar el secado por congelación para salvar materiales de biblioteca dañados por el agua se publicó tras el incendio de la Biblioteca del Parlamento, en Ottawa, en agosto de 1952. Para extinguir las llamas se mantuvieron abiertos los aspersores durante seis horas, con lo que se mojaron o humedecieron miles de libros. Se realizaron experimentos de secado en el Laboratorio de Baja Temperatura del Consejo Nacional de Investigación y en los Laboratorios de Productos Forestales del Departamento de Recursos y Desarrollo. Entre los métodos ensayados estaban el secado por congelación y el secado al vacío. Según se informó, la dificultad de estos dos métodos fue su lentitud y la ineficacia relativa de tratar de secar los libros empapados de afuera hacia adentro (27).

8.1.2 La Smithsonian Institution de Washington, D.C.

Hower (23), de la Smithsonian Institution, publicó un informe sobre la preservación de ejemplares biológicos mediante la liofilización para exhibirlos en museos. En él describe una nueva aplicación de esta técnica que se empleó en los años sesenta, tras el rescate de una copia del "Merchant's Almanac" de un vapor que se había hundido en el río Missouri en 1865. El libro había estado sumergido por más de 100 años. Fue colocado en un congelador comercial de baja temperatura a -20°C (-4°F) aproximadamente. El Dr. R.M. Organ, Jefe del Laboratorio Analítico de Conservación de la Smithsonian Institution, pidió al Dr. Hower que ensayara con una parte del libro para ver si el secado por congelación al vacío surtía efecto. Se colocó el ejemplar en una cámara de vacío de

/...

gran tamaño a -20°C y se redujo la presión del sistema a 150 micrones (0,15 mm Hg). Se sacó el libro antes de que estuviese totalmente seco a fin de que retuviera suficiente humedad para mantenerlo flexible. El peso inicial del ejemplar era de 952,9 gramos y el peso final fue 522,9 gramos. En el informe, el Dr. Hower expresó su interés en trabajar con más material de este tipo con la esperanza de establecer procedimientos estándar.

8.1.3 La Universidad Técnica de Dinamarca

Probablemente el primer intento de secado por congelación al vacío que dio excelentes resultados con materiales de biblioteca dañados por el agua fue el que realizaron Flink y Hoyer (18) en 1971. Todo comenzó durante el invierno de 1968, mientras se extinguía un incendio en la Biblioteca Regional de Groenlandia en Godthab, en la costa occidental de Groenlandia. Debido a las condiciones meteorológicas, el agua de las mangueras congeló los materiales empapados en agua que estaban en la biblioteca. Los ejemplares más valiosos, que estaban empaquetados en cajas de cartón para documentos, eran cartas escritas a mano, manuscritos y mapas pertenecientes a un misionario de mediados del siglo XIX, Samuel Kleinschmidt (18). Los ejemplares congelados fueron transportados en ese estado hacia Copenhague, donde se conservaron almacenados en frío para dar tiempo a encontrar la mejor forma de llevar a cabo el proceso de secado.

El problema que enfrentaron los técnicos en Copenhague fue que la tinta empleada en los documentos se correría si se intentaba el descongelamiento con la técnica convencional de secado al aire. Los libros congelados no presentaban problemas y se secaron al

/...

aire. No obstante, en el caso de los manuscritos se determinó que esta técnica era muy riesgosa y se decidió emplear el secado por congelación.

La necesidad de secar los documentos de esta forma se demostró con un experimento en el que un papel marcado con diferentes materiales de escritura modernos (tinta, bolígrafo, marcador de punto de fieltro) fue sumergido en agua, congelado y después secado por congelación o al aire. Las muestras secadas por congelación quedaron en perfectas condiciones, en tanto que la escritura de las muestras secadas al aire se corrió.

Se enviaron veintisiete paquetes y un álbum de fotografías al Laboratorio de Tecnología y Alimentos de la Universidad Técnica de Dinamarca, en Lyngby, donde se encontraba la cámara de liofilización (Atlas Ray 1). Se conservaron los ejemplares a -30°C (-22°F) hasta que se comenzó la operación de secado por congelación. Los paquetes congelados se extrajeron cuidadosamente para que no hubiera mucha resistencia a la transferencia de masa durante el proceso de secado.

Para acelerar el secado (por conveniencia más que por necesidad) y asegurar que hubiera suficiente espacio entre los estantes del calentador de la cámara, algunos de los bloques más gruesos de documentos congelados se dividieron en bloques más pequeños estando aún congelados; esto se consiguió sin dañar los manuscritos porque dentro de las cajas de documentos de la biblioteca se habían colocado carpetas de papel a manera de separadores.

Los legajos de documentos congelados, de un grosor de 2 a 3 centímetros (alrededor de $3/4$ a 1 1/4 pulgadas) se colocaron en bandejas porosas enfriadas previamente, y se seleccionaron

/...

condiciones de secado por congelación en función de la conservación para evitar que ocurriera fusión o cambio de los colores. Se empleó el calentamiento por calor radiante a una temperatura de placa de 45°C (113°F) y una presión en la cámara de 200 mtorr (0,2 mm Hg). Se vigiló el peso de la muestra empleando una balanza incorporada en el liofilizador; se mantuvo el proceso de secado en un peso constante. El tiempo promedio de secado osciló entre un día y medio y dos días, y una vez concluido se redujo progresivamente el vacío de la cámara (18).

Flink resumió el resultado de la operación de la manera siguiente: el proceso de secado por congelación arrojó resultados óptimos ya que las páginas se separaron fácilmente y en ningún caso se corrió la tinta. Los manuscritos que estaban comprimidos y deformados antes de la congelación conservaron la misma forma después del secado. Posteriormente estas muestras fueron sometidas al proceso normal de prensado y encuadernación con resultados satisfactorios. El álbum de fotografías (de 1906), que fue secado por congelación al mismo tiempo, presentó algunos problemas. En general, las fotos que se congelaron con las emulsiones en contacto se pegaron al secarse. Se solía resolver este problema mojándolas y separándolas con cuidado sumergidas en agua. Dado el grosor del álbum (diez centímetros; cerca de cuatro pulgadas), el secado por congelación duró cuatro días y medio. A pesar de este período prolongado, seis fotografías que estaban en el centro del álbum permanecían congeladas y se descongelaron antes de que se pudieran introducir nuevamente en el liofilizador, con lo que se echaron a perder los pies de fotos manuscritos. Esto demostró que el secado por congelación había sido realmente necesario para conservar adecuadamente los documentos manuscritos (28).

/...

9. EL EMPLEO DE CAMARAS DE VACIO EN LA RECUPERACION DE
MATERIALES DE ARCHIVOS Y BIBLIOTECAS DAÑADOS POR EL AGUA

9.1 Historias de casos

Aparte de la experiencia práctica, la mejor forma de familiarizarse con el tema es ver lo que han hecho otros que han sufrido estas catástrofes. Algunas de las historias de casos que aparecen a continuación pueden contribuir a ello, si bien a primera vista no se les puede calificar de típicas: se trata de miles de documentos y de libros en instituciones importantes. No obstante, la diferencia fundamental entre la tarea abrumadora de salvar 50.000 libros ó 450.000 ficheros de archivos y una catástrofe de menos envergadura que moja unos pocos libros y documentos, radica en la magnitud. Las mismas medidas que toma una institución importante al efectuar las operaciones de rescate se aplican también a una institución modesta y pequeña.

9.1.1 Inundación de la biblioteca del Corning Museum of Glass
en Corning, Nueva York, el 22 de junio de 1972.

El 22 de junio de 1972 el Corning Museum of Glass se inundó a causa de las lluvias provocadas por un huracán que azotó la región. Cayeron lluvias fuertes e ininterrumpidas durante tres días seguidos. Un río normalmente poco profundo que atraviesa la ciudad alcanzó una altura de casi 30 pies (9,14 metros); en el Corning Museum, que se encuentra cerca, la planta baja se inundó y el agua alcanzó un nivel de cinco pies o un metro y medio (29).

Aparte del daño que sufrieron varios objetos muy valiosos de la colección de cristales, la biblioteca, que albergaba una de las mejores colecciones sobre el arte, la historia y la arqueología del
/...

cristal, resultó seriamente dañada por la inundación. Durante años se había coleccionado todo el material impreso sobre el tema del cristal, incluidos libros (gran parte de ellos impresos en papel estucado), revistas, documentos, folletos, fotografías, catálogos, manuscritos, incunables, manuscritos medievales y otros libros raros.

En la mañana del 24 de junio, el espectáculo que presencié el personal del museo que entró en la biblioteca fue una devastación de los libros, tan empapados e hinchados que arquearon los costados de los estantes. Fue necesario emplear palancas para sacarlos. En otros estantes algunos volúmenes saltaron impelidos por la presión y cayeron en el agua lodosa; en ella se encontraron sumergidos incunables, manuscritos y libros raros.

La dificultad de no saber qué hacer o por dónde comenzar se redujo ante la presencia de bibliotecarios que habían leído artículos sobre la congelación de libros dañados por el agua, para estabilizarlos. Pero surgió un obstáculo: en ese momento no había energía eléctrica en la ciudad. Además, la comunidad había sufrido tanto daño que no había gasolina, ni transporte comercial ni agua corriente. Por lo demás, todos estaban conscientes de que si no se comenzaban de inmediato las operaciones de salvamento aparecería el moho. Por lo tanto, siguiendo las orientaciones de los bibliotecarios, el personal del museo y otros voluntarios se dieron a la tarea de recoger los materiales dañados.

Ante la falta de agua limpia apenas se pudo realizar alguna limpieza. Se envolvieron los libros en servilletas de papel para mantenerlos íntegros y separarlos unos de otros. Hubiera sido preferible emplear material plástico, pero no lo había. Luego, utilizando cualquier envase a mano, los voluntarios llevaron los

/...

materiales en sus propios autos hasta zonas donde había electricidad y los colocaron en congeladores domésticos. A unas 30 millas (40 kilómetros) de distancia se encontraron, y se utilizaron, instalaciones de almacenamiento en frío.

Se invirtieron cinco días en empacar la colección dañada, que comprendía alrededor de 6.500 libros, folletos, catálogos y otros materiales. Asimismo, se empacaron cerca de 30 cajas de ficheros de oficina para congelarlas. El agua destruyó el catálogo en fichas, el cual se desechó. Afortunadamente, el catálogo topográfico, aunque dañado, todavía se podía utilizar. Los libros que no estaban dañados se almacenaron en una universidad cercana. Cuando se terminaron de empacar y se enviaron a congeladores de almacenamiento los últimos volúmenes ya comenzaba a aparecer el moho.

En agosto fue necesario sacar los libros no dañados de la universidad en que se encontraban almacenados ya que las clases de otoño estaban a punto de comenzar. Se encontró un lugar en la ciudad, un supermercado vacío, en el que se instaló una combinación de biblioteca y estudio de restauración. Asimismo, los materiales congelados dispersos se colocaron en un camión congelador alquilado, que se aparcó en las proximidades de la biblioteca-estudio improvisada.

Se elaboró un programa con las medidas que se habrían de adoptar entre ellas la decisión de enviar 200 libros raros, en estado de congelación, a un restaurador profesional. También se contrataron los servicios de un químico para que supervisara la labor de los trabajadores voluntarios, pero además se le autorizó para que emplease técnicas nuevas en aras de reducir el tiempo de restauración de los materiales dañados.

/...

Pronto se comprobó que el camión congelador estaba tan abarrotado que ya no quedaba espacio para agrupar y ordenar los materiales congelados. Por otra parte, el sistema de congelación del camión funcionaba erráticamente y ocasionó el derretimiento parcial de su contenido. El problema se resolvió con dos grandes congeladores de acceso total. Se comenzó a llevar un registro con copias del estado de cada uno de los artículos que se iban pasando a los nuevos congeladores. Una copia quedaba con el artículo, otra iba al conservador y otra al bibliotecario. Al extraerse el documento del congelador, el conservador tomaba nota del registro en el que figuraba el criterio del bibliotecario acerca de cómo se debía efectuar la restauración: emplear solamente métodos tradicionales, aplicar nuevos métodos, o aguardar una decisión ulterior.

Con los recursos que donó una fundación se contrataron los servicios de asesoría técnica de un científico investigador. El científico y el conservador comenzaron a investigar los métodos de secado y se concentraron en tres métodos:

- a. El derretimiento natural de los libros. (Retirar la encuadernación, lavar para eliminar el lodo y las manchas, desacidificar, secar, ordenar y almacenar hasta que se puedan microfilmar las páginas.)
- b. Secar con un secador dieléctrico comercial. (Se coloca el libro congelado entre dos electrodos y se hace pasar corriente eléctrica a través de él. Pero pronto se comprobó que era necesario retirar las tapas húmedas porque dificultaban el secado del cuerpo del libro. Hubo que retirar todos los objetos metálicos, presillas y grapas, para evitar la formación del arco voltaico. De lo contrario,

/...

el papel podría chamuscarse y quemarse. Toda vez que desconocía qué daño se le estaba causando al papel, este método solo se utilizó con los libros valiosos para descongelarlos y no para secarlos).

- c. Secado por congelación al vacío. (Esta técnica se tuvo en cuenta, pero para el caso no parecía muy práctica. No había cámaras de vacío en las proximidades; se desconocía qué podía ocurrir si se aplicaba en la gran proporción de libros impresos en papel estucado.)

Al concluir el primer año, se había secado, limpiado y preparado para la microfilmación unos 3.000 libros y cajas de ficheros. Por su parte, el científico del equipo había investigado la composición química del material estucado y había realizado pruebas con libros húmedos impresos en ese tipo de papel para determinar por qué se convertían en bloques sólidos al secarse. También estableció los parámetros que podían utilizarse en el proceso de secado por congelación (30).

Se decidió utilizar las cámaras de vacío que estaban en Valley Forge, Pennsylvania y eran administradas por la General Electric Company. Los volúmenes congelados restantes fueron sometidos a un proceso que duró nueve días y se realizó siguiendo los parámetros establecidos por el científico del equipo. Una vez concluido ese período, había 125 libros cuyo estado oscilaba entre ligeramente mojado y húmedo. Sin embargo, se pudo salvar el 95 por ciento del material estucado, lo que constituye posiblemente la primera vez que se logra tal éxito. El cinco por ciento de pérdida se debió a la solidificación del cuerpo del libro antes de que se colocaran en la cámara para su secado por congelación.

/...

En diciembre de 1974 se habían concluido los trabajos de restauración: se habían secado y limpiado unos 6.500 libros y 30 cajas de cartón de documentos y expedientes.

9.1.2 Incendio de la Biblioteca Charles Klein en Filadelfia, Pensilvania, el 25 de julio de 1972.

La Biblioteca de Derecho Charles Klein, situada en los predios de la Temple University, en Filadelfia, fue construida en 1981, originalmente como una sinagoga. El edificio de tres plantas y sótano pasó a ser propiedad de la universidad en 1953 y fue reacondicionado para utilizarlo como biblioteca de derecho. Esta biblioteca albergaba una colección de 400.000 volúmenes entre los que figuraban ejemplares raros sobre derecho inglés y estadounidense, así como documentos que pertenecieron a Benjamín Franklyn. El 25 de julio de 1972 se declaró un incendio en el tercer piso del edificio -posteriormente se estimó que la causa había sido de origen eléctrico- que ocasionó su destrucción y sensibles pérdidas en la colección de la biblioteca. El edificio estaba provisto de extintores hidráulicos. No disponía de un sistema automático de aspersores; el sistema manual de alarma contra incendio cumplía el propósito de alertar al personal que trabajaba en el edificio.

A la 1 y 45 de la tarde de ese día caluroso y húmedo, el Departamento de Bomberos de Filadelfia recibió una llamada telefónica de alarma que motivó el envío de cuatro carros bombas y dos compañías escaladoras hacia la Biblioteca Charles Klein, de cuya azotea brotaban columnas de humo. Los primeros bomberos que llegaron al lugar del incendio lograron extinguir el fuego visible en el tercer piso, pero continuaba saliendo un humo denso de esa zona. Sonó una segunda alarma, seguida de una tercera a las 2 y 30 de la tarde.

/...

Mientras los bomberos combatían el incendio en el tercer piso, un grupo de profesores, estudiantes y espectadores formaron una cadena humana para salvar los libros que se encontraban en los anaqueles de la planta baja. Fue así como se pudieron salvar el catálogo de fichas y unos 3.000 volúmenes.

Las autoridades de extinción de incendios detuvieron la improvisada operación de salvamento cuando se hizo evidente que el techo de la planta baja amenazaba con desplomarse. A las 2 y 35 de la tarde no solo se desplomó el techo, sino que también se vino abajo la azotea. Dos minutos después sonó la cuarta alarma.

Ya para entonces estaban funcionando mangueras maestras montadas en escaleras y en plataformas elevadas, además de mangueras de mano, para contener el fuego. En conjunto, todos estos medios vertían 11.000 galones (50.000 litros) de agua en el edificio en llamas (31). Una quinta alarma hizo acudir más bomberos al lugar del siniestro para sustituir a los que ya estaban extenuados por el calor y la humedad. El contingente ascendía ya a 20 compañías de carros contra incendios y una compañía de abasto de agua. A las 3 y 15 de la tarde, una hora y media después de haber sonado la primera alarma, se informó que el incendio estaba controlado.

La evaluación preliminar de los daños, breve y concisa, fue la siguiente: el agua alcanza una altura de tres pies (aproximadamente un metro) en las estanterías del sótano y en el salón de libros raros; los libros del salón principal de lectura han sufrido daños de consideración, los libros que se encontraban más hacia el centro ardieron al desplomarse el techo y los otros se empaparon con el agua de las mangueras; algunos estantes y toda la colección Lucas Hirst de 21.000 libros, que están situados en otro salón, se conservan gracias a las cubiertas protectoras con que se taparon al iniciarse el incendio (31).

/...

La empresa encargada del seguro de la Universidad obtuvo los servicios de dos conservadores de la Oficina de Preservación de la Biblioteca del Congreso y uno de la Biblioteca de Filosofía de Filadelfia. Hasta ese momento, no se habían elaborado planes generales de salvamento. El primer objetivo consistía en entrar en el sótano, comprobar los daños y estabilizar el deterioro ocasionado por el moho en los volúmenes mojados. La humedad y la temperatura elevadas del sótano exigían medidas urgentes. De aquí que se diera prioridad a estos volúmenes.

En la tarde del viernes 28 de julio se instalaron luces de emergencia y ventiladores en el sótano con vistas a crear condiciones de trabajo adecuadas. El sábado, por el mediodía, grupos de voluntarios comenzaron las operaciones de salvamento. Durante el fin de semana se extrajeron y se almacenaron en frío a 20°F bajo cero (-30°C) unos 30.000 volúmenes. La mayoría de estos volúmenes provenía de los tres estantes inferiores, donde el agua había causado el mayor daño. Entre los libros mohosos, mojados y deformados se hallaban muchos documentos irremplazables.

Los libros se envolvieron en papel de congelador y se colocaron en cajas, se montaron en cuatro camionetas refrigeradas y se llevaron a un almacén refrigerado. Los libros no se catalogaron antes de su embalaje. Se decidió que más adelante el personal de la biblioteca podía extraer los libros del almacén refrigerado y decidir cuáles serían las medidas pertinentes. A los volúmenes que quedaron en el sótano se les roció ocho veces con timol para retardar el desarrollo del moho (31).

El jueves de la semana siguiente, grupos de voluntarios extrajeron del sótano los 120.000 volúmenes restantes. Los libros se indizaron, se colocaron en cajas y se cargaron en camiones. Toda

/...

vez que se había estabilizado el desarrollo del moho con las aplicaciones de timol, los libros se transportaron hacia una instalación de atmósfera controlada (31). De esta manera se pudo garantizar la estabilidad de todos los materiales salvados del siniestro.

Se decidió secar por congelación los materiales congelados. El agente de seguros, a través de su compañía de salvamento subsidiaria -que se había encargado de gestionar los frigoríficos, las cajas y el transporte después del incendio-, se puso en contacto con las instalaciones de Simulación Espacial de la General Electric situadas en Valley Forge, Pennsylvania para tramitar la posible utilización de una cámara espacial. Se hicieron los arreglos pertinentes, y los técnicos de la instalación espacial realizaron algunos experimentos preliminares en una cámara de laboratorio para determinar las condiciones que serían necesarias para secar los libros congelados.

Se seleccionó una cámara que permitiría secar por congelación del modo más económico posible un gran volumen de libros congelados. La capacidad de la cámara permitía un fácil almacenamiento horizontal, así como la instalación ordenada de estantes para libros. Se decidió colocar los libros con el lomo hacia abajo a fin de facilitar una mejor evaporización superficial y un contacto más cercano con los calentadores de malla utilizados para proveer el calor perdido por sublimación. La cámara estaba prevista de un condensador que utilizaba nitrógeno líquido como refrigerante para atrapar el vapor de agua que emanara de los libros congelados.

Todo el proceso demoró unos cinco días, incluidos la colocación de los libros en los estantes y su entrucción, así como el embalaje para su expedición. Los libros permanecieron en la cámara al vacío

/...

por espacio de dos días. Se dio tratamiento a unos 3.500 libros a la vez. Shoulberg (32), ingeniero de aplicación de la instalación, calculó que en el primer lote se había secado el 80 por ciento de los libros; en el segundo se alcanzó el 97 por ciento. Los libros de un lote que no se secaban por entero se incluían en el lote siguiente.

Durante el proceso se realizaron algunos experimentos en la cámara al vacío; se colocaron los libros con el lomo hacia abajo en las cajas y se situaron las cajas directamente sobre los estantes. Los libros colocados en cajas abiertas se secaban tan bien como los no envasados. Se pudo comprobar que, de ser necesaria la congelación y de existir las cajas con las dimensiones adecuadas, los libros pueden congelarse dentro de ellas con el lomo hacia abajo y separados entre sí mediante papeles. Los libros pueden secarse directamente en el tipo de cámara utilizada en la instalación con una gran economía en la manipulación (32).

Una última observación relacionada con los peligros que presenta el agua: a propósito del incendio de la Biblioteca de Derecho Charles Klein, E. Wiley, de la Asociación Nacional de Protección Contra Incendios dijo: "El incendio pudo haberse controlado mediante un sistema automático de aspersores capaz de transmitir una alarma a una estación central o al Departamento de Bomberos. No cabe duda de que los aspersores hubieran causado menos daño que los chorros de las mangueras del Departamento de Bomberos (31)".

9.1.3 Incendio del National Personnel Records en St. Louis, Missouri, el 12 de julio de 1973.

El National Personnel Records es una organización especializada que archiva, en su mayor parte, los expedientes de servicio del personal, tanto militar como civil, que ha trabajado para el gobierno

/...

federal. Los expedientes están depositados en un edificio de hormigón de seis plantas cuyas paredes exteriores son de aluminio y cristal. El edificio, que abarca una gran extensión de terreno, se terminó de construir en 1956 después que un equipo de especialistas estudió durante varios meses las necesidades espaciales y las instalaciones que se requerían para las labores propias de un centro de archivos. Sin embargo, el edificio no tenía sistema de aspersores. Parece que antes de que comenzara la construcción, el equipo de investigación del arquitecto solicitó el criterio de los funcionarios del gobierno sobre la instalación de un sistema de ese tipo. Las opiniones estuvieron divididas, pero se impuso el criterio de los que pensaban que el daño causado por el agua constituía una amenaza mayor que el fuego. El sistema no se instaló (2).

El 12 de julio de 1973, unos minutos después de la medianoche, se declaró un incendio de origen desconocido en el sexto piso del edificio. Estaban en peligro los 120.000.000 de expedientes personales del Centro, que estaban almacenados en cajas de cartón y en gabinetes de archivo distribuidos por todo el edificio. La respuesta de las compañías de extinción de incendios no se hizo esperar, pero la magnitud del fuego obligó a emitir varias alarmas, y en el lugar del siniestro llegaron a reunirse unidades de bomberos de 42 distritos (2).

Los primeros esfuerzos para combatir el incendio consistieron en una combinación de esnórqueles que vertían agua desde afuera y de compañías de mangueras que hacían lo mismo adentro. Pero la situación empeoró tanto que fue necesario suspender las actividades en el interior del edificio. Se pudo conjurar la amenaza de propagación del incendio al quinto piso manteniendo una corriente continua de agua hacia el sexto piso durante todo el día 13 de julio. Los bomberos entraron en el sexto piso en las primeras horas del día siguiente. En la tarde del día 15, una densa columna de humo comenzó a brotar del ángulo sudoccidental del edificio. Se situó

/...

una escalera para que los bomberos dirigieran chorros de agua al lugar. En la mañana del 16 de julio la crisis había pasado. Solo una compañía de bomberos permaneció en el lugar. Recién comenzaba la larga jornada de recuperación y rehabilitación (2).

Waters (15), quien estuvo en el lugar del desastre en calidad de asesor, ofrece una descripción gráfica de la cantidad de agua utilizada y vertida sobre la zona: "Se descargaron unos 60.000 galones de agua (272.400 litros) por minuto sobre el fuego, y en total poco menos de 100.000.000 de galones (454.600.000 de litros) sobre toda la zona. Durante las tres semanas siguientes, en todos los pisos hubo de una pulgada a pulgada y media de agua (entre 25 y 38 milímetros) con un peso de 8.000.000 de libras (3.628.800 kilogramos) por piso. El único drenaje posible en esos pisos era el que ofrecían los pozos de los elevadores, las escaleras y los hidrantes.

Stender y Walker (2) calcularon que solo se podía recuperar el 10 por ciento de los 22 millones de carpetas con expedientes personales que estaban almacenadas en el sexto piso. De los pisos inferiores se extrajeron más de 10.000 pies cúbicos (280 metros cúbicos) de documentos deteriorados por el agua. Waters calculó que en los pisos por debajo del sexto sufrieron daños unos 450.000 expedientes.

Lo cierto es que los funcionarios de la organización central en Washington, el Servicio Nacional de Archivos y Documentos, se vieron ante la mayor operación de secado de documentos de la historia (2).

Uno de los primeros problemas que hubo que afrontar en vista de la extraordinaria humedad que había en el edificio y de las elevadas temperaturas veraniegas, fue el enmohecimiento. La Oficina de

/...

Conservación de la Biblioteca del Congreso recomendó el rociado de los materiales con una solución de timol.

Mientras tanto, se encontraron instalaciones provisionales en un centro de registro civil cercano donde se instalaron estantes de secado contruidos apresuradamente para poner en práctica el método clásico de secado al aire. A medida que se agrupaban los documentos para transportarlos en camiones, se rociaban con timol. Se descubrió que las cestas de plástico utilizadas para transportar leche envasada eran ideales para el secado al aire. En poco tiempo la pequeña cantidad de cestas que se obtuvo al principio aumentó hasta llegar a 80.000. Una compañía fumigadora se encargó de rociar todas las zonas de almacenamiento (33).

Unos días después del incendio, funcionarios del Servicio Nacional de Archivos y Documentos conocieron la existencia de una instalación con cámara de vacío en la McDonnell Douglas Aircraft Corporation, en St. Louis, que estaba al servicio del programa espacial nacional. La cámara fue diseñada para simular las condiciones del espacio ultraterrestre durante las pruebas en tierra de los sistemas espaciales que se utilizaban en la serie de vuelos espaciales de las naves Apolo (2). Se decidió pedir autorización a los funcionarios de la compañía para utilizar su cámara de vacío en el secado de los documentos mojados.

Una vez conseguida la autorización, se realizaron apresuradamente algunos experimentos con vistas a conocer qué resultado se obtendría con este tipo específico de operación de secado. Tan pronto se obtuvieron resultados satisfactorios de las pruebas iniciales, se comenzaron a secar los documentos siguiendo un orden de prioridad. Las ya conocidas cestas plásticas se llenaron en las tres cuartas partes de su capacidad a fin de dejar espacio para la circulación del aire. Toda vez que estas cestas se pueden empalmar cuando se colocan una

/...

arriba de otra, se acomodaron en plataformas de carga y se montaron en camiones para ser expedidas a la cámara de secado al vacío. Se programó el secado de unos 60.000 a 70.000 pies cúbicos (de 1680 a 1960 metros cúbicos) de materiales en una cámara cuya capacidad era de 2.000 pies cúbicos (56 metros cúbicos). A ese ritmo, se hubieran necesitado varios meses para concluir la tarea. Sin embargo, más adelante a la primera cámara de la McDonell Douglas Aircraft Corporation se unieron otras dos cámaras y, por último, otra cámara similar situada en la instalación de la National Aeronautics and Space Administration en Sandusky, Ohio (2).

El sistema de secado al vacío fue muy eficaz. En una sesión típica de secado de una de las cámaras, que contenía 2.000 cestas, se extrajeron unas ocho libras (3,6 kilogramos) de agua de cada contenedor. De manera que se extrajeron en total casi ocho toneladas (7.200 kilogramos) de agua de cada cargamento (2). El secado por congelación se consideró inicialmente como un posible procedimiento para secar por sublimación; se habían tomado medidas provisionales para situar vagones de carga en un lugar cercano al centro de registros por si se necesitaban para congelar y estabilizar los documentos dañados por el agua. Sin embargo, la existencia de instalaciones cercanas con cámaras y el éxito de la operación hizo innecesario el uso de dichos vagones.

9.1.4 Inundación de la Biblioteca Stanford Meyer en Stanford, California, el 4 de noviembre de 1978.

La Biblioteca Stanford Meyer, que forma parte del complejo universitario de Stanford, está situada en el sótano de la Biblioteca J. Henry Meyer para Estudiantes Universitarios. Esta biblioteca subterránea posee 400.000 volúmenes que son consultados por los estudiantes universitarios para sus investigaciones sobre ciencias

/...

sociales y humanidades. Las hileras de libros están situadas en una estructura de dos niveles de estantes de metal.

A las 2 y 51 de la madrugada del sábado 4 de noviembre de 1978, una cañería matriz de ocho pulgadas (20 centímetros) estalló a unos 20 pies (aproximadamente seis metros) de la pared más cercana del edificio Meyer. El agua fluyó de una grieta de la cañería, llenó una profunda excavación que formaba parte de una obra de construcción que estaba en marcha, y después penetró por varios orificios que se habían perforado en la pared del edificio para instalar conductos de drenaje y tuberías.

El agua penetró en el edificio e inundó el primer entrepaño de la estantería metálica superior, que tenía una superficie de 5.000 pies cuadrados (460 metros cuadrados). De allí, el agua cayó hacia el piso inferior y mojó en diverso grado más de 50.000 volúmenes. Gracias a una llamada de emergencia a un equipo de plomería que trabajaba en el recinto universitario, se detuvo la salida de agua 20 minutos después de la ruptura de la cañería.

A medida que el agua recorría la corta distancia que había hasta la pared del sótano, arrastraba el sedimento fino que estaba depositado en el piso, en los dos niveles de estantes. Muchos libros se habían hinchado hasta quedar comprimidos entre sí en los estantes; otros habían salido expulsados y yacían en el piso cubierto de sedimento. En ningún momento el agua alcanzó más de unas pocas pulgadas de altura en ambos pisos, pero la copiosa filtración que cayó durante varias horas en el nivel inferior a manera de lluvia fue la que ocasionó más daño.

La energía eléctrica del edificio no se desconectó a fin de iniciar las operaciones de limpieza con esponjas, trapeadores y grandes aspiradoras que podían funcionar en condiciones húmedas o secas. A

/...

las 8 de la mañana del día del desastre se había extraído la mayor parte del agua y del sedimento.

A las 6 de la mañana se celebró una reunión inicial con miras a aplicar algunas medidas que ya había formulado el equipo de Stanford para la planificación del salvamento en caso de desastres. Las medidas incluían el nombramiento de un coordinador para casos de desastre, la conservación técnica del sistema de distribución de aire del edificio para elevar al máximo la circulación de aire frío a fin de reducir la humedad lo más rápido posible, y la congelación de los materiales de inmediato (4).

A poca distancia de la Universidad había instalaciones de conservación en frío. En principio se ordenaron unas 3.000 cajas de cartón para libros y cestas del tipo empleado para transportar leche. Pero se obtuvieron 1.500 más porque los libros, después de envolverlos en papel de congelador, se colocaron en una sola hilera y con el lomo hacia abajo para evitar que se dañaran. Las cajas de cartón se colocaron verticalmente en grupos de a tres para evitar que se cayeran las cajas húmedas; las 160 plataformas de carga que se utilizaron para cargar las cajas se enviaron al frigorífero. Las cajas permanecieron sobre las plataformas hasta que fueron retiradas de la cámara de vacío ulteriormente.

A las 9 y 30 de la mañana del domingo todos los materiales habían sido trasladados al congelador. Habían transcurrido 43 horas desde que se dio la primera alarma hasta la congelación final. No había indicio alguno de moho. Los materiales quedaron estabilizados y seguros a una temperatura de -20°F ($-28,9^{\circ}\text{C}$) hasta que se pudiera adoptar decisiones respecto de las técnicas de secado que se aplicarían (4).

/...

Se examinó la literatura disponible, especialmente la relacionada con desastres anteriores como, por ejemplo, el incendio que se declaró en el National Personnel Records Center, donde se había recurrido a la técnica de secado al vacío para secar grandes cantidades de documentos afectados por el agua. Resultó evidente para las autoridades de la Universidad, que para los libros congelados el método más idóneo sería el secado por congelación. Sabían que las máquinas que llevaban a cabo este secado especializado se utilizaban en los laboratorios científicos, en la elaboración de alimentos y en las industrias aeronáutica y astronáutica. Así pues, se emprendió la búsqueda. Se localizaron algunas que tal vez hubieran resultado adecuadas para el secado de una pequeña colección de materiales afectados por el agua, pero no para más de 50.000 libros.

Finalmente se encontró una instalación en la Lockheed Missiles and Space Company, en Sunnyvale, cerca de la cámara frigorífica donde estaban guardados los libros. Era posible disponer de varias cámaras de vacío; la que se seleccionó era de acceso total, suficientemente grande -18 x 18 x 36 pies (5,5 x 5,5 x 10,9 metros)- para admitir estantes metálicos con capacidad para 5.000 libros congelados, y estaba dotada de un sistema de caldeo superficial. Tenía además un panel de condensación de diez por diez pies (3,05 por 3,05 metros) refrigerado por nitrógeno líquido para extraer el vapor de agua de los libros congelados.

Se emprendió un ciclo de trabajo experimental a fin de determinar la mejor forma de colocar los libros: en cestas para leche, o colocados verticalmente en su posición normal, u horizontalmente en los estantes, o simplemente en cajas. Los libros seleccionados, -ejemplares desechados-, se empaparon en agua y

/...

después se congelaron. A continuación se colocaron en la cámara para secarlos por congelación. Al concluir el ciclo resultó que los libros secos estaban quebradizos: tenían menos de un dos por ciento de humedad. El contenido de humedad ideal oscila entre el cinco y el siete por ciento (33). Sería preciso estabilizarlos en un medio normal.

La prueba también demostró que la forma de colocar los libros no entrañaba ninguna diferencia significativa, pero los libros envueltos se secaban con más lentitud que los envueltos parcialmente. Asimismo, se observó que los libros que se colocaban en posición vertical tenían mejor apariencia. Por tanto, se adoptó la decisión de secar los libros en posición vertical, con los lomos hacia atrás, bien sostenidos por tamaño (4). El calor se aplicaría a los lomos y se colocarían termopares en algunos libros para registrar el grado de secado.

El 5 de febrero fueron transportados a la cámara y colocados en los estantes 5.000 libros congelados que constituían la primera carga. Se estimó que toda la operación de secado duraría aproximadamente cuatro días.

El primer paso consistió en extraer el aire de la cámara a menos de 4 torr para congelar el agua que permaneciera en los libros. Después, durante las primeras 56 horas, el panel condensador se mantendría a una temperatura de menos de -150°F (-101°C) con el vacío en el orden de 10^{-3} torr. La temperatura del libro no excedería de 100°F ($37,78^{\circ}\text{C}$). Al final de este período se desconectaría la energía eléctrica requerida para mantener estas condiciones y la cámara se regularía a la presión normal. Se extraería el hielo del condensador y se comprobaría el grado de secado de los libros. Los libros secos se colocarían en una zona de los estantes que no

/...

estuviera sometida al calor. A continuación se extraería nuevamente el aire de la cámara y se mantendría a una presión de 10^{-1} torr durante 26 horas; la temperatura de los libros sería de 100°F. Esta fase culminaría cuando se leyeran temperaturas superiores a 55°F (12,78°C) en aproximadamente la mitad de los termopares. Luego la cámara se regularía a la presión normal. Los libros que aún estuvieran congelados se pondrían a secar junto con la carga siguiente (14).

Con la experiencia que se adquiría sin cesar en la práctica, ya el 12 de febrero se estaban secando por sublimación unos 10.000 libros diarios dos veces a la semana. Había que manipular con cuidado los volúmenes secos por el estado de fragilidad en que quedaban. El 12 de marzo fue la fecha en que se extrajo de la cámara la última carga. La mayoría de los libros se llevaron a una escuela desocupada cerca de la Universidad. Las condiciones que allí se crearon permitieron que en unas cinco semanas después de su colocación en los estantes, los libros se estabilizaran con un contenido de humedad del seis por ciento según las mediciones realizadas con un Aquaboy (35).

La operación concluyó a finales del año. Mucho se había trabajado desde que la inundación afectó a más de 50.000 volúmenes: además de las operaciones de congelación y secado, cabe citar la limpieza de la biblioteca inundada y la reparación y la restauración de los libros, entre otras labores. Se encuadernaron mil libros, se microfilmaron 27 unidades, hubo que sustituir 12 volúmenes, se descartaron 34 debido a los efectos de la inundación y hubo tres que no fue posible sustituir. El resto de las unidades fue restituido a los estantes (4).

/...

9.1.5 Inundación de la Taylor Institution Library, Universidad de Oxford, en enero de 1979

En enero de 1979 estalló una cañería matriz en la Taylor Institution Library que provocó la inundación de los estantes del sótano, donde se conservaban aproximadamente 2.000 libros; entre estos figuraban algunos ejemplares únicos de una colección de literatura eslava que comprendía volúmenes de principios del siglo XVI, los cuales fueron afectados por el agua en diverso grado, desde húmedos hasta muy mojados.

Unos pocos libros ligeramente húmedos se dejaron en los estantes para que se secaran. Aproximadamente 1.800 volúmenes que estaban moderadamente mojados se secaron al estilo convencional, es decir, en posición vertical y ligeramente abiertos en una corriente de aire seco. El resto de los libros, que estaban demasiado mojados para mantenerse en posición vertical, se colocaron en sobres plásticos, se congelaron, y se guardaron en un congelador comercial con puertas horizontales a una temperatura de -18°C ($-0,4^{\circ}\text{F}$). Así se disponía de tiempo para procurar en método de secado más seguro y rápido.

Se acudió a los científicos de laboratorio del Atomic Energy Research Establishment de Hartwell, donde el secado industrial era objeto de investigación, para consultarlos sobre este problema. Se decidió adaptar una cámara de vacío de 48 pulgadas de diámetro y 56 pulgadas de longitud (122 centímetros de diámetro y 142 centímetros de longitud) para este trabajo. En el interior de la cámara se construyeron estantes para guardar los libros. Estos eran de tamaños y materiales diversos: desde papel de estraza hasta pulpa de madera, y tapas que abarcaban desde la vitela hasta el cuero, incluso algunas de papel o de material plástico sobre

/...

cartón corriente. Según se determinó al comparar el peso de los libros durante el proceso de secado con el peso final de cada uno, el contenido de agua absorbida oscilaba entre el 35 y el 100 por ciento (36).

Se realizaron pruebas iniciales con unos pocos libros congelados escogidos al azar, con diversas presiones al vacío, y se utilizaron cubas con diferentes cantidades de gel de sílice para absorber el vapor de agua en la cámara. Finalmente, las condiciones que se escogieron para la operación fueron las siguientes: una presión al vacío de 745 mm Hg en presencia de dos cubas cada una con cuatro kilogramos (8,8 libras) de gel de sílice que se renovaba cada 24 horas. Se utilizó un recipiente con diez gramos de cristales de timol para impedir el ataque del moho. Se observó que los libros pequeños se secaban a las 80 horas y que los grandes necesitaban 225 horas (36). A medida que los libros se extraían de la cámara, eran trasladados a un medio normal durante 48 horas aproximadamente para estabilizarlo.

El estado de los libros secados variaba. Las páginas estaban ligeramente arrugadas y tenían algunas manchas debido a la presencia de sales metálicas en el agua de la inundación. Los lomos, las bisagras y las uniones estaban deteriorados por los efectos del agua. Las tapas de vitela de cuero se afectaron con el secado; la vitela se fragilizó al secarse y el cuero se alteró en los lugares en que había quedado estirado por haberse combado el cartón. Los materiales más modernos utilizados en las tapas se recuperaron satisfactoriamente, salvo en el caso de los materiales plásticos, que se combaron mucho durante el secado.

/...

De los 115 libros que se enviaron a Harwell para someterlos al proceso de secado, hubo que reencuadernar 43 (36). No obstante, cabe destacar que los materiales que necesitaron rehabilitación tras el secado al vacío ya estaban dañados en el momento de someterlos a la congelación y el secado.

9.1.6 Incendio de la Regional Office of Income Security Services en Winnipeg, Canadá, el 22 de enero de 1981.

El 22 de enero de 1981, un fuego destruyó en Winnipeg el edificio de tres plantas en cuyos pisos superiores se encontraba una oficina regional de Income Security Services. En el mismo edificio radicaba también otra organización de servicios social: The Jewish Child and Family Service. Los archivos de ambas instituciones abarcaban hasta 600 pies lineales (183 metros lineales). Durante el fuego se desplomaron algunos pisos y con ellos alrededor de 80 gabinetes de ficheros mientras los bomberos luchaban contra el siniestro.

La labor de salvamento comenzó cuando los ficheros activos de Income Security Services fueron trasladados al sótano de otro edificio. Aproximadamente el diez por ciento de los ficheros quedaron en un estado relativamente bueno, pero un número considerable de gabinetes se habían hinchado por efecto del agua y hubo que forzarlos con palancas para abrirlos.

La infección micótica y la fusión de los documentos mojados se convirtieron en preocupaciones inmediatas para el personal de archivos. Así pues, se decidió secarlos al aire en el lugar. Se redujo la temperatura, se instalaron mesas de trabajo y se obtuvieron nuevos materiales para guardar los documentos secados. Se colocaron grandes ventiladores en lugares estratégicos para que el aire llegara a los documentos. El aire relativamente seco del sótano, que tenía alrededor de un 30 por ciento de humedad relativa,

/...

contribuyó a que el proceso de secado manual avanzara satisfactoriamente con la ayuda de secadores manuales para el cabello.

Entonces se centró la atención en los ficheros cerrados, pero húmedos, que permanecían en unas 150 gavetas. Una granja lechera local suministró cestas de plástico para leche. Se necesitaron más de 400 para guardar en cada una aproximadamente un pie cúbico (0,028 metros cúbicos) de documentos colocados holgadamente. El 29 de junio, las cestas, que se habían guardado en un lugar frío, fueron trasladadas a un edificio donde no existía calor. En la ciudad las temperaturas invernales oscilaban entre -7°C y -28°C ($19,4^{\circ}\text{F}$ a $-18,4^{\circ}\text{F}$) de ahí que los documentos húmedos se congelaran efectivamente.

El siguiente problema que había que resolver era encontrar una instalación para llevar a cabo la operación de secado. Una gestión telefónica proporcionó la información requerida: en la Canadian Forces Base, en Winnipeg, había una cámara de vacío de gran altitud. De inmediato las autoridades a cargo de los archivos se pusieron en contacto con el personal de la School of Aeromedical Training. Se descubrió que allí tenían experiencia en el secado de documentos húmedos en esas cámaras. Al mismo tiempo, se solicitó el asesoramiento de expertos de la Biblioteca del Congreso.

La cámara de la Canadian Forces tiene 20 años y sus dimensiones interiores son 24 pies de largo por 8 de ancho y 6 1/2 de alto (7,32 metros de largo por 2,44 de ancho y 2,0 de alto) (37). La cámara tenía suficiente capacidad para admitir en su interior toda la carga de documentos congelados en sus cestas. Esta fase culminó el 3 de febrero.

La cámara carecía de una fuente de calor que sustituyera el calor perdido durante la evaporación. En consecuencia, el proceso

/...

de secado era lento. Al cabo de cuatro días, la cámara de vacío, que se había regulado a una altitud simulada de alrededor de 80.000 pies (24.400 metros), se llevó a una presión normal para revisar los documentos. El proceso marchaba, pero los documentos estaban bastante húmedos por lo tanto se repitió el ciclo de secado. A los tres días más de la mitad de los documentos estaban secos.

Los documentos húmedos restantes se redistribuyeron en nuevas cestas a fin de facilitar el secado; la carga se llevó nuevamente a la cámara, en la que se mantuvo la altitud simulada. El 12 de febrero, tras nueve días de estar regulada a presión de vacío, la cámara se ajustó a la presión normal. Los pocos documentos que aún estaban ligeramente húmedos se secaron al aire fácilmente con la ayuda de ventiladores.

10. OTRAS ACTIVIDADES EN MATERIA DE SECADO AL VACIO Y POR CONGELACION

10.1 Una selección por países

La congelación como método para estabilizar los materiales de archivo y de biblioteca afectados por el agua, seguida del secado al vacío o por sublimación, goza de una aceptación cada vez mayor en el plano internacional. Con el siguiente muestreo por países se pretende que el lector tenga una idea de hasta qué punto es cierto esta afirmación.

10.1.1 Austria

Abril de 1985. En el Instituto de Restauración de la Biblioteca Nacional de Austria, en Viena, se han aplicado técnicas de secado por congelación en una vieja instalación no regulable

/...

en la que se colocan los libros mojados para secarlos. El proceso dura más de cuatro semanas. No obstante, se planea instalar una moderna cámara de secado por congelación en la que esos materiales se secarán en tres días aproximadamente. La cámara también se utilizará para dar apresto y resistencia a los periódicos; los periódicos encuadernados se impregnarán con una solución para reforzarlos y deacidificarlos (38).

10.1.2 Canadá

Febrero de 1977. El 11 de febrero, el edificio donde radica la Biblioteca Técnica de la Universidad de Toronto fue destruido por el fuego. Se dirigieron chorros de agua contra el edificio durante más de siete horas. Las condiciones invernales proporcionaron una ventaja: los libros mojados se congelaron y estabilizaron rápidamente. Unos 500 de estos libros, considerados ejemplares raros o difíciles de sustituir, fueron trasladados a las cámaras de gran altitud de la Canadian Forces Base en Downsview, Ontario, de conformidad con el University's Disaster Contingency Plan (Plan de contingencia de la Universidad para enfrentar las catástrofes naturales) (39).

10.1.3 Inglaterra

Durante 1981. Un científico del Lord Rank Centre for Research, en High Wycombe, y un conservador de la Biblioteca Bodleian analizaron el método de liofilización acelerada que se empleaba para preservar los productos alimenticios. Convinieron en que el proceso se podía aplicar para secar los libros afectados por el agua. Cuando la colección de Lord Vernon, de volúmenes valiosos de los siglos XVI y XVII que se conservaban en el Sudbury Hall, en Derby, sufrió los efectos de una inundación, varios volúmenes fueron llevados al Centro y congelados rápidamente, y el hielo se sublimó en condiciones de alto vacío. El papel y las encuadernaciones salieron indemnes (40).

/...

Informado en 1985. A. P. Bush (41), de la Sección de Conservación de Archivos del National Maritime Museum, informa acerca de un experimento de secado de libros por congelación en un frigorífico comercial (técnica que no utiliza el vacío). Se empapó en agua un grupo de libros casi idénticos (papel avitelado, encuadernación a la inglesa, tela y cartón de paja), que después se colocaron en un frigorífico comercial. Ocho libros se mantuvieron empapados durante 18 horas; absorbieron aproximadamente el 50 por ciento de su peso seco en agua. Siete se congelaron a una temperatura de -25°C (-13°F). Al cabo de 16 semanas, tres libros que se habían envuelto en una película de plástico perdieron el dos por ciento de su contenido de agua; tres que se habían guardado juntos y envueltos en papel perdieron el 33 por ciento; un libro que se había envuelto en papel y se había situado separado de los demás para lograr el máximo de exposición perdió el 75 por ciento de su contenido de agua. A las 51 semanas se extrajeron los libros; ninguno estaba totalmente seco. Los libros que no estaban envueltos en material plástico habían perdido aproximadamente el 81 por ciento de su contenido de agua.

10.1.4 Francia

Informado en 1985. En 1981 se hundió en el Mar del Norte una plataforma de petróleo, la Alexander Kielland. Tres años más tarde se sacó a flote y varios documentos recuperados se colocaron en bolsas plásticas y se congelaron a una temperatura de -20°C (-4°F). Los documentos, que se esperaba ofrecieran indicios respecto de la causa del desastre, eran diversos. La mayoría parecían bloques sólidos cuando se recuperaron, e incluían libros, fotocopias, papel de registros y papel carbón. Los textos estaban impresos o escritos en tinta, lápiz o bolígrafo. Los materiales congelados se

/...

trasladaron a USIFROID, Maurepas, Francia, donde una cámara de vacío sublimó el hielo a una temperatura elevada. Los materiales recuperaron satisfactoriamente su flexibilidad; los centros de los libros se encontraban en perfecto estado de conservación. Las tintas de colores empleadas en los rollos de papel registro no se habían desgastado a pesar de su grado de solubilidad; las anotaciones escritas con lápiz sobre el papel se conservaron perfectamente (42).

10.1.5 Alemania (RFA)

Informado en 1972. Eichhorn (43) informa sobre el uso de la baja temperatura para estabilizar los libros mojados. Después de la inundación en Stuttgart, que ocasionó daños a miles de libros almacenados en los sótanos de la biblioteca, los materiales se situaron en frigoríficos industriales para congelarlos.

Informado en 1973. Elmer (26) describe el secado por congelación de tejidos neolíticos y piezas trenzadas. Estos artículos se limpiaron a fondo y se desalinaron, primeramente y después se secaron en un vacío de 1 a 0,5 torr a temperaturas de -17° a -24°C ($1,4$ a $-11,2^{\circ}\text{F}$).

Informado en 1973. Eichhorn (44) escribe sobre el uso de bajas temperaturas para el almacenamiento de los libros mojados. Estos se almacenan a una temperatura de -20° a -30°C (-4° hasta -22°F). La intención es descongelarlos lentamente hasta que se sequen. Eichhorn observa que es posible secar los libros que se encuentran en estado de congelación con una cámara de vacío.

/...

Informado en 1976. El Instituto de Simulación Espacial del Centro Federal de Investigación y Ensayo para la Aeronáutica y la Astronáutica (Cologne) ha descubierto que las cámaras espaciales pueden utilizarse con buenos resultados en la recuperación de libros, manuscritos y documentos que hayan sufrido deterioro como resultado de una elevada humedad ambiental, tuberías rotas o inundaciones. Son mejores las cámaras pequeñas en que se utiliza el principio de la física por el cual el agua se evapora a mayor velocidad a medida que se reduce la presión. La temperatura de la cámara se mantiene en 50°C (122°F) mientras que la presión interior se regula entre 5 y 10 mm Hg mediante bombas de vacío. La humedad extraída se transforma en hielo en congeladores especiales. En experimentos realizados con papeles mojados, su deshumidificación demora de 20 a 40 horas en dependencia de la cantidad. El deterioro es mínimo. Los libros mojados con las páginas pegadas se pueden utilizar sin dificultad al cabo de 24 horas. El costo de explotación de una cámara de vacío térmica con un volumen de tres metros cúbicos (106 pies cúbicos) durante 24 horas es de 300 marcos. Una cámara de menor tamaño con un volumen de un pie cúbico (0,028 metros cúbicos), en la que pueden tratarse 250 kilogramos (551 libras) de papel, tiene un costo igual a la mitad del anterior (45).

Informado en 1985. En enero de 1985 los materiales de la Biblioteca de la Universidad de Wurzburg, Am Hubland, sufrieron daños a consecuencia del agua. Se secó un pequeño número de libros mediante la técnica de secado por congelación. Parece que las autoridades de la biblioteca se sintieron desalentadas con los resultados; se esperaba que después del secado por congelación los libros quedarían listos para volver a las estanterías. En otro caso en que se produjo daño de materiales por efecto del agua en los archivos de Beta Film BmbH, Munich, se congelaron algunas revistas

/...

sin encuadernar y otros ficheros para impedir el ataque microbiológico. No se intentó emplear el secado por congelación al vacío. En cambio, los materiales se secaron parcialmente después de mantenerlos por un tiempo en el almacenamiento en frío, y después se separaron con facilidad para someterlos al tratamiento convencional con papel secante y prensado (46).

10.1.6 Holanda

Informado en 1985. El Laboratorio Central de Investigaciones para los Objetos de Arte y la Ciencia trabajó recientemente en el secado por congelación de libros dañados a causa del agua en un edificio de archivos cuyo techo fue arrancado por una tormenta. El equipo del laboratorio fue el que, después de enfrentar algunas dificultades, produjo resultados relativamente positivos. En otro proyecto se había ensayado un equipo similar que se encontró en la industria alimentaria. El Laboratorio Central de Investigaciones espera poseer un equipo similar en un futuro cercano (47).

10.1.7 Noruega

Septiembre de 1985. Algunos volúmenes raros almacenados en el sótano de la Biblioteca Kleist, en Trondheim, sufrieron daños a causa de una filtración de agua. Los libros se estabilizaron por congelación. Entretanto, se solicitó asesoramiento al Laboratorio de Conservación Arqueológica del Museo de Trondheim. Se recomendó el secado por congelación. Finalmente, los libros congelados se colocaron en una cámara de secado por congelación de una capacidad de 40 kilogramos (88 libras). Cada ciclo de secado duró de ocho a catorce días, en dependencia del contenido de agua; el proyecto se terminó en 25 días. Se quitaron las portadas de pergamino cuando aún estaban mojadas, y se secaron al aire para impedir que se

/...

dañaran durante el secado por congelación. Se trataron algunos cueros con una baja concentración de glicol polietileno 400 en agua antes del secado para asegurar una mayor flexibilidad después del proceso. Al final del ciclo de secado, se deshidrató ligeramente el papel de los libros. Esto se resolvió colocando los libros en una habitación con un 50 por ciento de humedad relativa. Algunos libros quedaron arrugados, pero se estiraron después con un prensado ligero. La cámara de secado por congelación, que está situada en el Laboratorio Arqueológico, se utiliza normalmente para el tratamiento de piezas de madera y cuero (48).

10.1.8 EE.UU.

Agosto de 1975. El 24 de agosto un aguacero y las inundaciones subsiguientes anegaron la biblioteca de la Universidad Case-Western en Cleveland, Ohio. Unos 40.000 libros, 50.000 mapas y publicaciones periódicas, se mojaron y dañaron en el agua fangosa. Se cargaron siete camiones frigoríficos con 40.000 libras (18.140 kilogramos) de documentos mojados y se enviaron a las cámaras de vacío de la McDonnell Douglas Aircraft Company en San Luis, Missouri, para proceder al secado (39).

Enero de 1977. El 20 de enero, en el Salon Langley de la Universidad de Pittsburgh, Pensilvania se produjo una explosión y un incendio a causa de la penetración de gas natural en el sótano. La biblioteca de ciencia y psicología sufrió grandes daños. Los libros mojados por las mangueras de extinción de incendios se congelaron en el lugar. Unos 3.000 libros se estabilizaron en un congelador en espera de la restauración (39).

Febrero de 1978. El San Diego Aerospace Museum and Library, en California, fue destruido el 22 de febrero a causa de un incendio, aparentemente provocado por jóvenes incendiarios. Se perdió el

/...

noventa por ciento de los libros, publicaciones periódicas, películas, fotografías y objetos de arte de la biblioteca. Se congelaron en almacenamiento en frío cuatro cajas grandes de materiales de biblioteca mojados, rescatados de las llamas, y se mantuvieron así hasta que se secaron en una cámara de vacío. Los materiales se devolvieron en buenas condiciones (39).

Febrero de 1980. La edición de otoño de American Archivist informa que la Universidad de Baltimore utilizó una cámara de simulación espacial en el Laboratorio de Física Aplicada de Johns Hopkins para salvar libros y manuscritos dañados por el agua durante la extinción de un incendio. Varios cientos de libros y documentos se secaron en la cámara de vacío (49).

Informado en 1980. La edición de invierno de American Archivist informa sobre el uso de cámaras de simulación espacial para el secado de documentos del estado de Kentucky que sufrieron daños a causa de inundaciones provocadas por el desbordamiento del Río Kentucky en diciembre de 1978. Inicialmente se utilizaron hornos de microondas para secar los documentos mojados, pero se abandonó el proceso por resultar demasiado lento. En consecuencia, se contrataron los servicios de la General Electric Company de Valley Forge, Pensilvania, y de la McDonnell Douglas Aircraft Company, de San Luis, Missouri, para el proyecto de secar, fumigar y esterilizar los documentos dañados por el agua (50).

La misma edición de American Archivist informa que la Idaho Historical Society ha comenzado a trabajar en un plan de emergencia para la conservación que trazará las medidas que se deben tomar en caso de incendio o inundación. Una parte esencial del plan consiste en hacer arreglos previos para el transporte de los materiales dañados a congeladores y depósitos de almacenamiento locales. Se realizarán contactos a nivel local para la asignación de espacio

/...

para el almacenamiento provisional en frigoríficos, transporte, contenedores de carga y otros suministros como cubiertas de plástico y deshumidificadores. El plan de emergencia prevé el uso del secado por congelación para la recuperación de la mayor parte de los materiales (51).

Informado en 1981. El News Bureau de la Lockheed Missiles and Space Company, de Sunnyvale, California, comunicó en marzo de este año el éxito del secado por congelación, en una cámara de simulación espacial, de más de 4.000 libros valiosos de la dependencia de la Biblioteca Doe en la Universidad de Berkeley. Los libros habían sufrido daños a causa de un sistema de aspersión defectuoso que hizo caer agua sobre las estanterías de libros. Los libros se enviaron rápidamente al almacenamiento en frío para su estabilización mientras se realizaban las gestiones para el secado.

En la misma edición de News Bureau aparece otro informe sobre el uso del secado por congelación: el secado de tres millones de dólares en moneda falsa encontrados en un lodazal. El Servicio Secreto de los Estados Unidos necesitaba el dinero para utilizarlo como prueba en las actuaciones judiciales (52).

11. FUENTES COMERCIALES PARA LA CONGELACION Y EL SECADO

11.1 Almacenamiento en Frío

El lugar más obvio para iniciar la búsqueda de las instalaciones de congelación y almacenamiento en frío es la sección comercial del directorio telefónico. Los alquileres o adquisiciones de congeladores horizontales o unidades mayores generalmente se encuentran en la sección de efectos electrodomésticos; el espacio para la congelación y el almacenamiento se encuentra en la sección Depósitos de

/...

Almacenamiento en Frío. Además, aunque otras industrias, pequeñas o grandes, que tienen sus propias instalaciones de almacenamiento en frío, no atienden solicitudes externas, muchas han hecho y harán excepciones en caso de emergencia. Entre esas organizaciones se encuentran los fabricantes de alimentos congelados, incluidos el mercado minorista y al por mayor, las compañías productoras de helados y postres congelados así como sus mayoristas y distribuidores, las compañías de productos lácteos y sus expendedores, y los fabricantes de hielo. Incluso los supermercados pueden tener espacio o congeladores ociosos de los que se podría disponer.

11.2 Secado por Congelación

En las historias de casos resumidas hasta aquí, algunas de las cámaras de vacío utilizadas por las compañías aeroespaciales habían estado inactivas o se utilizaban esporádicamente. La reactivación de esas instalaciones tuvo lugar cuando se procuró ayuda para el secado de grandes cantidades de documentos o libros que habían sufrido daños a causa del agua. En consecuencia, lo que comenzó por el ensayo experimental de una nueva técnica tuvo tanto éxito que se ha convertido en un servicio de salvamento establecido y disponible sobre bases comerciales. La literatura cita a varias entidades en esta categoría.

Este concepto de "servicio secundario" parece estar ganando terreno entre las organizaciones que utilizan las cámaras de vacío para otros fines: la taxidermia, el secado de muestras biológicas, los laboratorios experimentales y de análisis. Por supuesto, la capacidad es limitada. No obstante, comienzan a aparecer anuncios en las publicaciones que ofrecen servicios de restauración de libros y documentos mojados por escapes de agua, extinción de incendios

/...

o inundaciones. Se ofrece una estimación de los costos junto con los servicios de un técnico que dispondrá la preparación de los materiales mojados para tratarlos en una cámara de vacío (53).

11.3 Cámaras de Vacío

Existen varias compañías en el mercado internacional que se dedican a la fabricación de cámaras de vacío para el secado por congelación. Las compañías cuentan con especialistas capaces de asesorar a los posibles clientes sobre el tipo de sistema más conveniente para satisfacer las necesidades específicas, y pueden suministrar cámaras de vacío para utilizar en laboratorios o equipo de mayor tamaño para fines industriales. Un ejemplo de ello es la VirTis Company (54) de Gardiner, Nueva York. En su línea de productos figura un sistema normalmente usado por los taxidermistas que está montado en ruedas pivotantes y es completamente autointegrado. El sistema puede utilizar cámaras de diversos tamaños, la más grande de 35 pulgadas (88,9 centímetros) de diámetro y 68 pulgadas (172,7 centímetros) de profundidad. La unidad básica, denominada "Preservator", permitirá la deshidratación prolongada de los animales a la temperatura ambiente. Aunque el sistema se recomienda para los taxidermistas, puede utilizarse para el secado por congelación de materiales mojados de bibliotecas y archivos.

Otra organización conocida internacionalmente en esta esfera es la Edwards High Vacuum (55), situada en Crawley, Inglaterra. La EHV fabrica sus productos también en Marburg, Alemania Occidental; Milán, Italia; y Grand Island, EE.UU. Su línea incluye una pequeña unidad concebida para el secado por congelación de preparados biológicos y farmacéuticos que se ha utilizado para el secado de libros por congelación. La unidad se denomina Modulyo 4K. Está

/...

provista de una cámara de secado hecha de termoplástico en forma de cilíndrica, que puede diseñarse por encargo con una capacidad de hasta 50 libros.

La Vacu-Systems Incorporated (56), de Houston, Tejas, tiene en su línea de cámaras de vacío un sistema móvil de secado por congelación denominado MD 24. Está provisto de una cámara con una capacidad para 100 libros aproximadamente. El sistema se vende a un precio de cerca de 14.000 dólares (precios de 1985); el alquiler de esta unidad es de unos 1.250 dólares mensuales con un alquiler mínimo de dos meses.

12. COSTOS DEL SECADO AL VACIO Y DEL SECADO POR CONGELACION

No existe un método universal para determinar el costo del secado de materiales de archivos y bibliotecas dañados por el agua en las cámaras de vacío. Las estimaciones generalmente basadas en la cantidad de materiales que se han de tratar, pueden incluir un cálculo de las horas-hombre empleadas por los técnicos y operadores de las cámaras, la cantidad de electricidad utilizada, los suministros y materiales, más el factor ganancia. En el otro extremo de la escala hay muchos casos de costo moderado o exentos de costo, gracias al deseo de los propietarios de las cámaras de promover la buena voluntad o de prestar un servicio público. También, debido a que la mayoría de los archivos y bibliotecas desempeñan su misión sin fines de lucro, muchas organizaciones suelen cobrar solamente los gastos que entraña la operación.

En los casos siguientes se citan algunos precios que ya no tienen vigencia. Será menester calcular el alza debida a la inflación. Los precios no incluyen el transporte y almacenamiento. No obstante, transmitirán una idea general de lo que puede costar el secado en cámaras de vacío según se muestra en los casos concretos citados.

/...

La compañía de salvamento Recovery Services International, que es una filial de la empresa aseguradora Insurance Company of North America, se encargó de las operaciones de recuperación relativas al incendio de la Biblioteca de Derecho Charles Klein, en junio de 1972. Como la colección de la biblioteca estaba asegurada, la empresa aseguradora deseaba recuperar todo lo posible con objeto de reducir la suma demandada. A este fin, la compañía de salvamento seleccionó una cámara de vacío operada por la General Electric Space Simulation, de Valley Forge, Pensilvania, para secar por congelación los libros dañados por el agua que mientras tanto se mantenían en un frigorífico comercial para almacenar alimentos. Se estimó que por la gran cantidad de volúmenes de que se trataba, el costo estaría por debajo de los 2.00 dólares por cada libro (32). Al mismo tiempo, los funcionarios del seguro de la Universidad de Temple, sede de la biblioteca, habían calculado que la restauración costaría aproximadamente 4.00 dólares por volumen, en comparación con el costo de sustitución de 25.00 dólares por volumen, pero se reconoció que muchos de los volúmenes recuperados no se podrían sustituir a ningún costo (57).

En las inundaciones de la Biblioteca Meyer de la Universidad de Stanford se afectaron unos 50.000 volúmenes. La Universidad no tenía seguro comercial, pero estaba autoasegurada por una suma determinada. Se calculó que el uso de la cámara de vacío de la Lockheed Missiles and Space Company para el secado por congelación costaría 40.000 dólares. No obstante, la compañía decidió absorber los gastos como una contribución a la Universidad. La Modern Ice and Cold Storage Company, donde se almacenaron los volúmenes en su estado de congelación, absorbió trabajo y espacio de congelador por valor de 8.000 dólares. La Eastman Kodak Company hizo una donación de restauración de películas por valor de 2.000 dólares. Muchos otros comerciantes aportaron conocimientos especializados, alimentos, fuerza de trabajo, camiones y suministros (58), todo lo cual contribuyó a reducir el costo total final de las operaciones de recuperación.

/...

En enero de 1979, la rotura de una cañería maestra de agua inundó la Biblioteca de la Institución Taylor, en Oxford. Unos 200 volúmenes se trasladaron en estado de congelación al Atomic Energy Research Establishment, en Harwell, donde fueron secados al vacío en una cámara de laboratorio. Es interesante señalar que esta operación de secado al vacío fue el primer intento de su tipo que tuvo éxito en Inglaterra (59). El trabajo se realizó sin costo.

En enero de 1981, el incendio y los subsiguientes daños ocasionados por el agua a documentos de la Regional Office of Income Security Services (Oficina de Servicios de Seguridad en los Salarios), en Winnipeg, afectó unas 150 gavetas archivadoras que, cuando se desocuparon, llenaron más de cuatrocientas cestas de plástico del tipo que se utiliza para congelar los documentos. El proceso de secado tuvo lugar en una cámara de gran altitud utilizada por la Canadian Forces Base en Winnipeg. De acuerdo con la estimación de las autoridades de Income Security Services, los costos de recuperación no excederían los 12.000 dólares. No obstante, las Fuerzas Armadas, aportaron sus esfuerzos de recuperación de los documentos en calidad de servicio público, por lo que el costo final de toda la operación se redujo considerablemente (37).

En agosto de 1985 se llevó a cabo una investigación informal sobre las tarifas de una pequeña empresa de los Estados Unidos de América que se especializa en el secado por congelación de documentos y libros deteriorados por el agua. Se obtuvo la siguiente información: el secado de 100 libros congelados, de las dimensiones aproximadas de un libro de texto, en una cámara de vacío de una capacidad de 12 pies cúbicos (,34 metros cúbicos) cuesta alrededor de cinco a seis dólares por libro (sin incluir los gastos de transporte) (53).

/...

A primera vista puede parecer elevado el precio del secado por congelación de grandes cantidades de materiales mojados en cámaras muy modernas. Sin embargo, si se tienen en cuenta los costos del secado al aire, la contratación de más personal, las necesidades de espacio, el alquiler o la adquisición de aparatos para controlar la humedad, el costo de los materiales, la pérdida de tiempo, el riesgo del enmohecimiento, y se comparan con los gastos del secado por congelación, el precio comienza a parecer razonable.

En una conferencia celebrada recientemente por el American Institute for Conservation se dio una idea acerca de dónde termina el límite de inclusión y comienza el factor positivo del costo. Uno de los participantes en un seminario, que ha acumulado una gran experiencia sobre el tema, consideró que el factor costo por artículo resulta razonable sólo cuando se somete al secado por congelación más de 2.000 libros o de 3.000 a 4.000 manuscritos, salvo que se utilicen cámaras pequeñas. Sin embargo, estas cámaras son menos eficientes porque tienen una tecnología menos avanzada. Por consiguiente, lleva más tiempo crear el vacío, mantenerlo y secar el contenido (60).

13. CONGELACION Y SECADO A BAJO COSTO EN UNA SITUACION DE EMERGENCIA

13.1 Consideraciones generales

El siguiente proceso tiene como característica fundamental el empleo de un congelador normal para estabilizar documentos y libros mojados, seguido del método convencional de secado al aire. Resulta idóneo en los casos en que no hay un volumen grande de materiales mojados, y cuando se dispone de ayuda y tiempo. Los

/...

materiales que se congelarán y se secarán posteriormente al aire deben seleccionarse sobre una base de prioridades atendiendo a si sólo están húmedos o si están empapados, si se han deteriorado mucho o poco, y si son valiosos e irremplazables.

La congelación de un bulto o un legajo de documentos no debe constituir un problema. No obstante, en el proceso de descongelación y secado puede existir el riesgo de que las tintas solubles y los colores se extiendan o se corran. En cuanto a los libros, la técnica funciona bien cuando se limita a ediciones relativamente modernas. El secado se complica un poco con libros más antiguos, más voluminosos y más pesados; el peso del agua puede deteriorar seriamente su estructura. Para el material impreso en papel estucado, el mejor método de recuperación, y quizás el único, es el de congelar el material mientras está mojado y después secarlo por congelación.

13.2 Materiales necesarios

Si se requiere realizar una limpieza hace falta los siguientes materiales: cubos plásticos, esponjas, un suministro de agua cercano y drenaje; las toallas de papel siempre son útiles en esta operación por la presencia de agua.

Preparativos para la congelación: mesa de trabajo, revestimiento de material plástico en las superficies de trabajo (el material plástico es útil para muchos fines), papel de congelar (papel Kraft o, si no lo hay, otro similar), cinta adhesiva, cajas fuertes o cestas plásticas del tipo que se usa para la leche en caso de que haya que transportar algún material.

Congelación: congelador horizontal de uso doméstico o de otro tipo

Secado al aire: ventiladores eléctricos, secadores de mano.

/...

Prevención del moho: cristales de timol (un fungicida) y un solvente apropiado (etanol, alcohol desnaturalizado) para formar capas intercaladas; a este efecto, papel gaceta en blanco o papel de seda fuerte.

13.3 Recuperación de materiales deteriorados por el agua

13.3.1. Manipulación de materiales mojados

Los materiales seleccionados para la congelación se llevan a la zona donde se efectuará la limpieza, si es necesaria, o a las mesas de trabajo para su envoltura. Se debe tener sumo cuidado al manipular los materiales mojados para reducir el riesgo de que se produzcan daños y el consiguiente costo elevado de las reparaciones y restauraciones.

No se debe tratar de separar uno o más documentos de una pila empapada. Si por algún motivo de urgencia hay que sacar un documento, corte una hoja de material plástico un poco más grande que el documento que se va a sacar. Colóquela sobre el documento empapado y con un instrumento fino (espátula, cuchillo) levante una esquina de éste, de modo que se adhiera a la hoja de plástico. Levante los dos poco a poco; la tensión superficial del agua hará que el documento permanezca pegado al material plástico. Para separarlos, colóquelos sobre un papel absorbente con la cara del documento hacia abajo; con el instrumento separe la esquina del documento hacia abajo y levante la hoja de plástico con cuidado.

Si una caja de archivo está muy mojada, reemplácela en el lugar por una nueva siempre que se pueda hacer sin riesgo. De esta manera evitará que el contenido se derrame.

/...

No se debe abrir o cerrar libros empapados, porque se deformaría gravemente su estructura y se dañarían elementos como las bisagras y el lomo. Los libros empapados se deben llevar a la zona de trabajo tal como estén. No se deben quitar las tapas mojadas, ya que ayudan a sostener el bloque de hojas y disminuyen el riesgo de daño.

13.3.2 Limpieza y lavado

Antes de proceder a la congelación conviene quitar la suciedad que acompaña a los materiales deteriorados por el agua. Ello no es posible en muchas ocasiones porque no se dispone de los medios necesarios o debido a la urgencia de la situación. En todo caso, si los libros sucios se mantienen bien cerrados, se pueden sumergir en agua corriente (que fluya lentamente) y quitarles la suciedad poco a poco con una esponja. Este método no se puede utilizar con una pila de documentos que tengan suciedad en la superficie. Una forma de eliminar la suciedad en este caso es dejar caer agua suavemente sobre la pila utilizando un tubo blando de caucho o de plástico que se pueda pellizcar para controlar la salida del agua.

13.3.3 Envoltura y empaque

La envoltura sirve de sostén a los materiales mojados e impide que los bultos de documentos o de libros se peguen al congelarse. Envuelva los libros por separado, y los documentos en pilas del grosor de un libro. Si el congelador está cerca, vaya poniendo los materiales en su interior a medida que estén listos. Si el congelador está alejado, utilice cajas de cartón o cestas para leche para transportarlos. No espere a tener una pila grande. Mientras más pronto se logre la estabilidad, menor será el riesgo de enmohecimiento. (Nota: algunos conservadores estiman que cuando se trabaja con grandes cantidades de material muy mojado la envoltura completa es innecesaria; se obtienen buenos resultados separando los materiales con papel de congelador).

/...

13.4 Congelación

Existen las siguientes fuentes de congelación: congeladores de helado verticales, frigoríficos comerciales para guardar alimentos congelados, congelador horizontal de uso doméstico y el compartimiento de congelación de un refrigerador doméstico. La literatura especializada recomienda una temperatura de congelación de -20°F (-29°C). Los tres primeros aparatos mencionados tienen esa capacidad; el último, de temperaturas más elevadas, no la tiene.

13.5 Secado al aire

13.5.1. Selección de la zona de trabajo

Debe seleccionarse una zona de trabajo que favorezca el secado al aire y no propicie el enmohecimiento. Gran parte depende del tiempo; verano o invierno, húmedo y caliente, frío y seco. Bower y Brandt (37) describen un tratamiento en el que las variables existentes se utilizaron para crear un medio ambiente muy satisfactorio para secar al aire un grupo de documentos empapados. Dichos documentos, aún en sus armarios, fueron trasladados para el sótano de un edificio con calefacción. La temperatura invernal del exterior oscilaba entre -7° y -28°C ($19,4^{\circ}$ y -18°F). La calefacción del sótano del edificio se reguló al nivel más bajo posible; la humedad relativa llegó al 30%.

En el verano, sobre todo si es caliente y húmedo, la actividad puede resultar más difícil. Si el aire acondicionado de la zona de trabajo puede mantener una temperatura de alrededor de 18°C ($64,4^{\circ}\text{F}$) y una humedad relativa del 50 al 60%, se puede controlar el moho. Si no hay aire acondicionado, abra las ventanas y las puertas para que se establezca la circulación de aire y salga el aire viciado; para esto utilice también ventiladores eléctricos. Si la humedad se

/...

mantiene a un nivel alto, quizás haya que usar deshumidificadores, que se pueden adquirir en los establecimientos de venta de aparatos eléctricos y, en algunos casos, se pueden arrendar. Cuando utilice deshumidificadores, cierre las puertas y las ventanas; utilice ventiladores eléctricos para hacer que el aire circule. (Nota: un instrumento de mano barato, el psicrómetro giratorio, permitirá leer con bastante exactitud la temperatura y la humedad relativa para eliminar los cálculos intuitivos.)

Habrá que situar varias mesas en la zona de trabajo; las superficies de trabajo deben tener revestimientos protectores de material plástico. Disponga suficientes tomacorrientes para los ventiladores, secadores de aire caliente, deshumidificadores y otros aparatos. Utilice cordones de extensión provistos de cables reforzados y bien aislados.

13.5.2 Secado de documentos

Los documentos congelados se pueden secar con relativa facilidad. Si dispone de papel secante, colóquelo sobre la mesa de trabajo (en su lugar puede usar papel gaceta o toallas de papel). Desenvuelva cada legajo y colóquelo sobre el material absorbente. El aire de los ventiladores eléctricos dirigido hacia los documentos contribuirá a la circulación del aire, así como a la descongelación y la evaporación. Los secadores de mano acelerarán el secado. Cuando el documento que está en el tope del legajo esté suficientemente seco y se pueda manipular sin riesgo, levántelo y colóquelo en otra superficie para que se siga secando. De esta forma, el documento siguiente queda mejor expuesto al aire y se favorece la evaporación. También se acelerará el secado cuando sea posible dividir la pila en montones más pequeños sin que peligren los documentos.

/...

Con un poco de ingenio se pueden encontrar diferentes superficies de secado para los documentos después que se van retirando de la pila: hileras de pantallas de material plástico sujetas a soportes de madera, cuerdas de nailon en las que se cuelgan los documentos, o el césped si el estado del tiempo lo permite.

El papel secante empapado y otros materiales de desecho mojados se deben sacar de la zona de trabajo para mantener un nivel de humedad bajo.

13.5.3 Secado de libros

La descongelación de libros seguida de la evaporación de su humedad es un proceso lento. El secado de afuera hacia adentro lleva tiempo. Ponga el libro de costado sobre el papel secante u otro material absorbente apropiado. Utilice ventiladores eléctricos para facilitar la descongelación. No utilice secadores calientes puesto que el ritmo de secado de los componentes del libro varía; se debe evitar toda fuerza o tensión innecesaria. Cuando el libro esté descongelado, póngalo en posición vertical (sobre la parte superior para neutralizar el pandeo en el estante) abriendo ligeramente las tapas para que sirvan de apoyo; no lo abra completamente. A medida que el libro se va secando se puede abrir un poquito más para una mayor exposición al aire. Cambie el material absorbente con frecuencia; saque los papeles mojados del local.

13.6 Prensado

Normalmente un libro contiene alrededor del siete por ciento de humedad. Nunca llega a estar totalmente seco, incluso cuando permanece en el estante durante un período largo. Los documentos

/...

presentan las mismas características. Sin embargo, ni los libros ni los documentos responderán al prensado con tan poca humedad. Por otra parte, cuando los libros y documentos descongelados son secados al aire hasta el punto en que se sienten "secos" al tacto, tienen, por lo general, más humedad de la necesaria para el prensado.

Los documentos con arrugas, pliegues o grietas se pueden alisar prensándolos entre dos tablas con un peso ligero encima. Haga esta operación con varios documentos a la vez; sepárelos entre sí con papel de silicio (servirá igualmente el papel parafinado). En cuanto a los libros, coloque cada uno sobre su costado en una superficie plana; ponga los dedos pulgares en el corte delantero y presione poco a poco hacia adentro para que el lomo se redondee. Coloque el libro entre las tablas de prensar con un peso ligero en la parte superior. No apile los libros para prensarlos.

13.7 Prevención del enmohecimiento

Si se observa que hay condiciones favorables para el enmohecimiento de los libros, existe un método práctico de aplicar un inhibidor que consiste en colocar entre las páginas hojas fungicidas. Este método resulta particularmente útil cuando la cantidad de materiales que se ha de someter a tratamiento no es muy grande.

En esta técnica, las hojas de papel (papel gaceta, papel de seda resistente) se cortan algo más largas que el artículo que someterá a tratamiento. Las hojas se sumergen en una solución de timol. A este efecto se recomienda una solución del 10 al 15% de cristales de timol en etanol, acetona, alcohol industrial desnaturalizado o tricloretoano (una libra de cristales de timol en un galón de disolvente o 450 gramos de cristales en aproximadamente cuatro litros de disolvente) (5). Las hojas se colocan sobre una superficie protegida con revestimiento de material plástico para que se sequen (lo cual ocurre

/...

con rapidez). Para almacenar estas hojas, colóquelas en un recipiente sellado o envuélvalas en material plástico ya que el timol es muy volátil.

Intercale las hojas en los libros manteniéndolos en posición vertical, cuando estén suficientemente secos para abrirlos ligeramente sin correr el riesgo de que se dañen. Coloque las hojas de timol dentro del bloque de hojas a intervalos aproximados de 25 milímetros (una pulgada). Cámbielas de lugar periódicamente. No intercale demasiadas hojas para que el lomo del libro no se afecte. Debido a su estructura, los libros se prestan mejor para esta técnica, pero no hay motivo alguno para no aplicarla a los documentos.

Se debe tener cuidado al preparar la solución de timol debido a la toxicidad de los productos. Se deben utilizar guantes de goma conjuntamente con una careta de pintor y gafas protectoras. Es mucho mejor preparar las hojas fungicidas al aire libre.

14. LO QUE NO SE PUEDE LOGRAR CON EL SECADO POR CONGELACION

El secado por congelación es un proceso de salvamento; salvamento en el sentido de que su objetivo es salvar de la destrucción a los materiales de archivo y de biblioteca dañados por el agua. Esto se logra mediante la congelación para estabilizarlos y después la sublimación para secarlos. Este proceso no hará volver a su estado original a los libros o documentos que estaban deteriorados en el momento en que fueron congelados para el secado posterior. El secado por congelación no alisará las hojas y páginas plegadas o arrugadas, ni enderezará las tapas combadas. Todas estas condiciones se afirmarán durante el secado. Tampoco desprenderá las páginas de un libro impreso en papel estucado si antes de la congelación se habían pegado y formado un bloque. No hará desaparecer el descoloramiento, las marcas críticas ni las manchas que existían

/...

antes de iniciarse el proceso. El secado por congelación no alisará la vitela ni el cuero. Y, como ya se señaló, no destruirá las esporas del moho.

En resumen, aparte del objetivo final del proceso, los materiales congelados salen de la cámara de vacío exactamente en las mismas condiciones en que entraron. Al final del ciclo de secado algunos materiales tendrán un aspecto sorprendentemente bueno; para otros se programarán reparaciones menores. Algunos tal vez impongan el alto costo de la restauración; algunos tendrán que ser desechados o reemplazados. En todo caso, los defectos no se pueden achacar al proceso de secado por descongelación. A pesar de todo es el método más eficaz que se conoce para la estabilización física, química y biológica de los materiales de archivo y de biblioteca dañados por el agua, sobre todo cuando se trata de cantidades grandes y el tiempo es esencial.

15. CRITERIO DE COOPERACION EN EL EMPLEO DE LAS CAMARAS DE SECADO POR CONGELACION

15.1 Consideraciones generales

El precio de una cámara de vacío con capacidad para secar por congelación aproximadamente 100 libros o un volumen equivalente de documentos es relativamente modesto: más barato que el precio de algunos automóviles. Sin embargo, no tendría mucho sentido que cada archivo o biblioteca comprara un equipo de ese tipo, lo instalara, capacitara a un operario y luego esperara a que ocurriera un desastre. Semejante plan no es lógico desde el punto de vista económico. Partiendo de esta consideración, se recomiendan algunas variantes que pueden ayudar a encontrar un enfoque más viable que tenga un sentido más práctico y económico.

/...

15.2 Cooperación regional

Tal vez resulte interesante mencionar un ejemplo muy positivo de cooperación regional tocante a la participación en los gastos financieros de los servicios e instalaciones requeridos para restaurar, preservar y mantener libros y documentos que se encuentran bajo la custodia de varias instituciones. En 1972, seis estados de Nueva Inglaterra redactaron y aprobaron un convenio interestatal sobre bibliotecas en virtud del cual se estableció el New England Document Conservation Center (61) en North Andover, Massachusetts.

El convenio estipulaba que cada uno de los gobiernos de los estados aportaría fondos al Centro, admitiría cuotas de miembros y aceptaría las subvenciones de fundaciones con carácter de organización no lucrativa. Los miembros, como bibliotecas públicas, archivos estatales y locales e instituciones docentes privadas pero no lucrativas, tendrían derecho a utilizar los servicios e instalaciones del Centro en condiciones de "precio de costo". Después de 1972 se han introducido varios cambios. Se ha aumentado el número de miembros, el nombre cambió de "New England" a "North East" y sus servicios se han puesto a disposición del sector público.

Por tratarse de una organización regional, el Centro "posee" algún equipo de alto costo, en parte maquinarias móviles, que muchas bibliotecas o archivos pudieran proporcionar o necesitar. Ese equipo está al alcance de un amplio número de clientes cuando lo necesiten.

15.3 Cooperación con instituciones públicas

En la mayoría de los países la solución a la accesibilidad de las instalaciones de secado al vacío y secado por congelación podría radicar en un esfuerzo de cooperación entre los archivos y

/...

bibliotecas financiados por el Estado, más pequeños y numerosos, y las instituciones públicas, mayores y mejor dotadas. En esta última categoría se encuentran los archivos y bibliotecas nacionales, las universidades estatales, los museos, las organizaciones científicas y determinados sectores de las fuerzas armadas. Algunas de estas entidades o bien tienen posibilidades de operar una cámara de vacío, o de hecho tienen alguna en funcionamiento.

En el caso de las instituciones con posibilidades cabe citar dos ejemplos. El primero es la Biblioteca Nacional de Austria, en Viena. Se prevé la instalación de una cámara de secado por congelación en el laboratorio de restauración de la biblioteca bajo la supervisión de un científico especializado en conservación. La cámara se empleará no sólo para secar libros y documentos dañados por el agua, sino además para otras técnicas de conservación. Las condiciones de la Biblioteca Nacional son ideales: se trata de una prestigiosa institución que cuenta con un personal plenamente familiarizado con el papel, el cuero y el pergamino, un lugar donde se conoce el comportamiento de los aprestos, pegamentos, tintas y colorantes en presencia del agua. Todo este conocimiento puede ser de utilidad en la investigación científica y la aplicación de las técnicas de secado al vacío y por congelación a materiales de archivos y bibliotecas dañados por el agua.

Otra organización con posibilidades análogas es el Laboratorio Central de Investigación de Objetos Artísticos y Científicos, de Amsterdam. Sus científicos han adquirido experiencia en el secado por congelación de libros dañados por el agua mediante el empleo de equipos de laboratorio. La institución ha trabajado también con máquinas del tipo que se utiliza en la industria alimentaria. Esperan contar en el futuro con una cámara de secado por congelación para fines experimentales que, sin dudas, se podrá emplear en caso de emergencia.

/...

Estas instituciones públicas parecen ser los custodios más lógicos de las cámaras de secado por congelación. Ambas están orientadas hacia la preservación y conservación de objetos culturales y gozan de una rica experiencia científica en esta esfera. Además, la asignación de fondos podría justificarse por la doble misión de la cámara, a saber, ensayos y experimentos de laboratorio, y su disponibilidad para salvar materiales de archivos y bibliotecas dañados por el agua.

En lo tocante al segundo caso existen muchas universidades estatales y centros científicos que poseen cámaras de secado por congelación de diversos tamaños, las cuales podrían servir para secar cantidades relativamente pequeñas de materiales mojados. Ahora bien, aún cuando medie una promesa de ayuda en caso de emergencia, es comprensible que un departamento se muestre reacio a dedicar su personal y sus cámaras a secar un montón de documentos o libros congelados que por desgracia se mojaron. Con todo, si los materiales están almacenados en frío se puede esperar.

Otra entidad pública que tiene cámaras de vacío son las fuerzas armadas de un país, concretamente, las fuerzas aéreas. Esta rama requiere de esas cámaras para estudios de medicina espacial y experimentos afines, en particular para la observación y el ensayo del comportamiento psicológico del cuerpo humano en altitudes elevadas. La supervisión de estos ensayos suele estar a cargo de personal médico y técnicos especializados. Como se señaló en este estudio, ya se han empleado cámaras de vacío para secar grandes cantidades de materiales de archivo mojados. Puesto que estas instalaciones son públicas, es posible que se pueda obtener un consentimiento entre departamentos para su uso en caso de emergencia. Además, si el país cuenta con un programa espacial sufragado por el erario público ésta sería otra posibilidad para explorar.

/...

15.4 Cooperación comercial

Como la mayoría de los archivos y bibliotecas son organizaciones no lucrativas cuya misión es altruista, en muchos casos los propietarios de cámaras de vacío comerciales que se han empleado en un desastre han absorbido los gastos. Aunque sería demasiado pedir de antemano que se extienda este gesto de cortesía, no hay razón para no tratar de que el pago de los servicios de emergencia pueda efectuarse sobre la base del costo. Cuando hay que secar grandes cantidades de documentos dañados por el agua, es preciso tener en cuenta a las compañías comerciales que elaboran alimentos y a las compañías de aviación que realizan actividades espaciales puesto que sus cámaras poseen gran capacidad.

16. FORO ABIERTO SOBRE EL SECADO POR CONGELACION

16.1 Preguntas y respuestas

Las preguntas (que tienen respuesta) formuladas en este foro abierto imaginario se extrajeron de algunas conferencias sobre conservación de libros y documentos, seminarios sobre medidas para enfrentar los desastres, y mesas redondas sobre secado por congelación que se celebraron realmente. Se han incluido las "preguntas y respuestas" en este estudio para ahondar en algunos puntos relativos al secado por congelación que se hayan aludido o mencionado brevemente en el texto.

16.1.1 En términos sencillos, ¿cuál es la diferencia entre el secado por congelación y el simple secado al vacío?

En realidad la diferencia radica en la cantidad de presión que crea el sistema de bombeo. El secado por congelación se puede efectuar con la capacidad requerida para alcanzar niveles de vacío relativamente elevados. Los materiales congelados se subliman en la

/...

cámara, es decir, su contenido de agua pasa de la forma sólida a la gaseosa obviando la fase líquida. En el secado al vacío el sistema de bombeo produce niveles de vacío inferiores. En este caso los materiales se colocan en la cámara mojados y el agua se evapora, es decir, el agua líquida pasa a la fase de vapor. En el secado por congelación, normalmente el vapor de agua queda atrapado por un condensador refrigerado; en el secado al vacío el vapor de agua puede ser atrapado por este método u otros como expulsión de vapor.

16.1.2 ¿Es caro el secado por congelación?

Sí y no. El secado por congelación se encarece cuando la cámara de vacío que se emplea es grande y de tecnología avanzada, y la cantidad de materiales dañados por el agua es pequeña. Cuando la cantidad es relativamente grande, el proceso de secado por congelación resulta económico si se tiene en cuenta el tiempo, el personal, el espacio, los materiales y los suministros requeridos para secar los materiales con métodos tradicionales. Desde luego, el secado por congelación en una cámara de vacío pequeña es menos costoso, pero la capacidad es limitada y el proceso lleva más tiempo. En todo caso, si parece que sus materiales requerirán una restauración costosa pero es posible reemplazarlos por otro formato, poco se ganaría con el secado por congelación.

16.1.3 ¿Qué puede decirse del costo del secado al vacío?

El secado al vacío es algo menos caro que el secado por congelación, debido, entre otras cosas, a que los materiales mojados no se congelan previamente y a que la cámara es menos compleja. Ahora bien, lo que se ahorra por la parte económica se pierde en lo que proporciona el secado por congelación: estabilización, tiempo, y la ventaja de la sublimación sobre la evaporación. Los factores que condicionan el costo del secado por congelación -con cantidades grandes de materiales en cámaras grandes el costo es menor- también son válidos para el secado al vacío.

/...

16.1.4 ¿Es posible secar por congelación materiales mojados (no congelados) y, a la inversa, se pueden secar al vacío materiales congelados?

Sí, para ambas partes de la pregunta. Sin embargo, cuando en una cámara de secado por congelación se colocan materiales mojados (no congelados) como el agua "sale" rápidamente los materiales se congelarán. Cuando esto sucede es posible que los libros encuadernados se despeguen y los papeles muy satinados se hinchen o se rompan. Es mejor congelar previamente los materiales húmedos. En cuanto a los materiales congelados colocados en una cámara de secado al vacío, durante el ciclo de secado el hielo se derretirá, se licuará y se correrá el riesgo del traspaso de colores, manchas y tintas (62).

16.1.5 ¿Qué sistema es mejor, el secado por congelación o el secado al vacío?

Recuérdese que en el secado por congelación los materiales se congelan previamente y luego se subliman en una cámara de secado por congelación. En el secado al vacío los materiales se colocan en la cámara mojados para que se sequen por evaporación. En términos generales parece preferirse el secado al vacío para documentos de oficina cuando no existe peligro inminente de ataque del moho y se dispone inmediatamente de una cámara. Por otra parte, para los libros y su estructura especial se prefiere el método de congelación seguida de sublimación. Mediante el proceso de evaporación no es posible salvar los libros impresos en papel estucado; el único moho posible es la sublimación en una cámara de secado por congelación.

/...

16.1.6 ¿No debería dedicarse tiempo a escoger o depurar los materiales mojados antes de envolverlos y colocarlos en cajas para la congelación?

Este es un aspecto discutible que depende mucho de la situación dada y de diversos factores, a saber, cantidad e importancia de los materiales, grado de deterioro, condiciones meteorológicas, ayuda disponible, tiempo y otros. Un ejemplo pertinente fue la medida tomada en la Universidad de Stanford (4), donde el valor investigativo de los materiales dañados por el agua pesó más que la decisión de depurar para ahorrar tiempo y dinero. Se trataba de una colección de investigación general en ciencias sociales y humanística compuesta por unos 50.000 volúmenes. Durante diez años se habían reunido esos materiales como parte de un programa de fomento de colecciones que era una fuente fundamental para el personal docente y los estudiantes. Su valor determinó en gran medida la decisión de no escoger ni depurar materiales.

En otro caso, los materiales deteriorados por el agua que se encontraban en el sótano de una biblioteca después de un incendio • quedaron expuestos a condiciones que propiciaban el enmohecimiento, por lo que se congelaron y almacenaron en frío unos 30.000 volúmenes y otros materiales vulnerables sin haberse escogido ni depurado materiales (31). Más tarde se descubrió que habría sido posible reemplazar algunos materiales a un costo mínimo, pero esa solución no se tomó en cuenta durante la operación de rescate por las características de la situación.

16.1.7 ¿No se deberían limpiar los materiales mojados antes de congelarlos?

Sería conveniente, pero no si la organización de equipos de personal y los preparativos para la limpieza entrañan pérdida de tiempo valioso y riesgo de infección de moho. No obstante, habrá

/...

momentos en que no quede más remedio que realizar alguna limpieza. Será preciso analizar la situación en cada caso.

16.1.8 ¿Cuál es la mejor forma de envolver los materiales mojados para congelarlos?

La razón fundamental de envolver los materiales mojados es evitar que se congelen en bloques de hielo grandes y difíciles de manejar. Algunas personas utilizan papel de congelador para cubrir los libros o legajos a manera de cabestrillo, sin necesidad de envolverlos por completo. En otros casos no es necesario envolverlos ni separarlos con papel de congelador si los materiales mojados se colocan en cajas o cestas, no muchos de una vez, y permanecen así durante la congelación o la operación de secado por congelación.

16.1.9 ¿A qué temperatura se deben congelar y almacenar los materiales dañados por el agua?

Las temperaturas de congelación y almacenamiento empleadas oscilan desde -20°C (-4°F) en un congelador horizontal para unos cuantos libros mojados, hasta -30°C (-22°F) en un frigorífico para grandes cantidades de materiales mojados. Waters (5) recomienda una temperatura de congelación de -20°F (-29°C), aunque una temperatura inferior no ocasionará daño alguno. En una operación de recuperación realizada en la Universidad de Stanford (63) se empleó esa temperatura en una instalación de almacenamiento en frío.

16.1.10 Ciertamente los libros y documentos mojados se hinchan y se dilatan al congelarse. ¿Acaso esto no los daña?

Los materiales saturados se hinchan aún más al congelarse, pero ese grosor adicional no aumenta el daño ocasionado ya por el agua. En estudios realizados por la Oficina de Investigación y Ensayo de la Biblioteca del Congreso, no se hallaron pruebas de que la

/...

congelación ocasione daño a los materiales hechos a base de celulosa y proteínas (5).

16.1.11 ¿Se requiere una cámara especial para secar por congelación libros y documentos?

No. Por lo general no importa el diseño, tamaño o propósito original de la cámara. Grandes cámaras de vacío construidas para probar mecanismos y equipos empleados en programas espaciales han secado por congelación con buenos resultados grandes cantidades de libros y documentos dañados por el agua. Las cámaras pequeñas, como las empleadas por los taxidermistas, pueden secar por congelación los mismos materiales; la cantidad es menor debido a que la capacidad de la cámara es muy inferior.

16.1.12 ¿Cómo se sabe cuándo los materiales colocados en la cámara están secos?

Los métodos para determinar el nivel de sequedad varían. Cuando se emplean bandas térmicas, se insertan medidores de temperatura en varios de los materiales congelados y se traza un gráfico de la temperatura. Al secarse los materiales, la curva de temperatura se aproxima a la temperatura de las bandas térmicas (63). Otro método consiste en trazar un gráfico de la pérdida de peso. El artículo congelado se pesa antes de colocarlo en la cámara de vacío y durante el ciclo de secado se vuelve a pesar la muestra de ensayo en varios intervalos. El material se habrá secado cuando la gráfica de pérdida de peso forme una meseta (36).

El Aquaboy, un medidor de libros fabricado por K.P. Mundiger, de Wartenburg, Alemania Occidental, es un instrumento útil para medir el contenido de agua de papel. Este medidor tiene dos dientes de metal que asemejan un diapasón, y se coloca horizontalmente sobre una página abierta de un libro, luego éste se cierra. Los dientes

/...

están conectados a un instrumento cuyo cuadrante registra la humedad absoluta del interior del libro (35). Una lectura de cinco a siete por ciento indica una humedad normal. Obsérvese que este porcentaje no indica "humedad relativa", como creen algunas personas. En jerga técnica la humedad del papel se denomina "humedad absoluta", que es el peso real del vapor de agua contenido en una unidad de aire húmedo en gramos por centímetro cúbico.

Un último método, no muy preciso, es abrir la cámara de vez en cuando y tocar los materiales para comprobar si se han secado.

16.1.13 ¿Se corre el riesgo de que los materiales se sequen excesivamente y, por ende, se dañen?

Sí, para ambas partes de la pregunta. Los libros que salen de una cámara de vacío en ese estado, lo cual suele suceder, no deben abrirse y cerrarse dada la fragilidad de sus páginas y su estructura. También es preciso manipular con cuidado los documentos. La solución de este problema es devolver al papel un poco de humedad, lo cual se consigue colocando los materiales secos en una habitación que tenga una humedad relativa normal, es decir, entre 55 y 60 por ciento. Posiblemente se requiera de tres a cuatro semanas para que el papel se equilibre con la atmósfera.

Existe un centro de investigaciones que soluciona este problema con una serie de cámaras de diferentes grados de humedad y temperatura para humidificar los libros. Se aplica presión para alcanzar el contenido aproximado de agua que tenían originalmente (13).

El papel es como una esponja. Su contenido de agua en condiciones normales oscila entre el cinco y el siete por ciento de su peso. Ahora bien, este nivel varía proporcionalmente a la cantidad de humedad relativa del aire. Por ejemplo, con una humedad relativa de 80 por ciento el papel absorbe entre el 9 y el 14 por ciento de agua (el

/...

cuero absorbe del 18 al 20 por ciento); con el 65 por ciento, el contenido de agua de las diversas partes de un libro puede variar de 6 a 9,5 por ciento (6).

16.1.14 ¿Es posible secar por congelación el pergamino y el cuero?

Ambos se pueden estabilizar mediante congelación y luego someter al secado por congelación al vacío. No obstante, en alguna etapa del proceso, en especial cuando se trata de ejemplares raros o valiosos, se debe buscar el asesoramiento de un conservador experimentado. Esto es particularmente importante en el caso de los pergaminos, puesto que su estructura se altera al mojarse. El mejor momento para buscar asesoramiento podría ser después de la estabilización de los materiales y no luego de haberse efectuado el ciclo de secado por congelación. Sólo un experto deberá realizar el trabajo de recuperación.

En relación con esta pregunta, científicos franceses especializados en conservación realizaron algunos ensayos de secado por congelación en condiciones de laboratorio con papel, cuero y pergamino. Estos materiales se sumergieron en agua, se congelaron, y se secaron por congelación en una cámara de vacío del laboratorio. Una de las observaciones realizadas es que se puede emplear la congelación como método de almacenamiento para estos tres materiales. El resultado del secado por congelación de cada uno de los materiales es el siguiente: la técnica es idónea para secar el papel; el cuero se puede secar por congelación sin grandes riesgos; el pergamino por otra parte, plantea problemas concretos, puesto que el agua le ocasiona cambios internos que provocan engrosamiento y disminución de la elasticidad. Los científicos señalan que estos cambios son reversibles. Después de haber sido secadas por congelación, las muestras de pergamino pasaron a expertos restauradores de la

/...

Bibliothèque Nationale, quienes las sometieron a humedad y presión para que recuperaran su flexibilidad, color y grosor (64).

16.1.15 Durante el proceso de secado por congelación, algunas veces se aplica calor a los materiales congelados. Ante todo, ¿por qué se hace esto? y ¿acaso el calor no perjudica los materiales?

Se aplica calor a los materiales congelados para acelerar la sublimación del hielo, y es una práctica común cuando hay que secar grandes cantidades de materiales. La temperatura que se obtiene en los estantes de la cámara mediante calefactores de caucho flexible no es excesivamente elevada. En uno de los casos (32), la temperatura inicial de los libros es de 32°F (0°C) y la superior oscilará entre 80° y 85°F (26,5° y 29°C) a lo sumo. En otro (14) en que el calor se aplicó a los materiales congelados provenía de calefactores de papel de aluminio, la temperatura de los libros nunca superó los 100°F (37,8°C). En un centro de investigación, la temperatura máxima que se permite en los estantes de documentos es de 40°C (104°F).

16.1.16 Cuando se extraen los materiales de la cámara de secado por congelación, ¿pueden volver enseguida a sus estantes?

La respuesta no es categórica. En primer lugar, es posible que los materiales que salen de la cámara estén excesivamente secos y necesiten un proceso de rehidratación para volver a un nivel normal antes de que se les pueda manipular sin riesgos. En segundo lugar, puede que algunos materiales hayan entrado en la cámara deteriorados; esos materiales saldrán en las mismas condiciones y será preciso repararlos o restaurarlos. En tercer lugar, es posible que los anaqueles en los que los materiales fueron dañados por el agua no estén en condiciones y sea necesario rehabilitarlos.

/...

Lo ideal sería llevar los materiales a un lugar donde puedan recuperar su contenido de humedad normal, y se les pueda prensar, reparar o restaurar, y mantener bajo observación constante para impedir un brote de moho (algunos libros y documentos salen de la cámara parcialmente).

16.1.17 ¿No sería menos costoso sustituir el material dañado por el agua que secarlo por congelación?

Por lo general, sí. Cuando, por ejemplo, los libros se impregnan tanto de agua que se hinchan, sus partes se separan y sus tapas se comban, en lugar de restaurarlos sería mucho más económico sustituirlos, si ello fuese posible.

16.1.18 En general se sabe que el secado por congelación no destruye las esporas del moho, mas, ¿qué sucede con los insectos?

En realidad la congelación es letal para algunos insectos destructores. En la Beincke Library de la Universidad de Yale se pudo erradicar la plaga de escarabajos, -Anobilidae- mediante la congelación de los libros afectados. El biólogo de la universidad que recomendó este método lo había utilizado para matar insectos, junto con sus huevos y larvas, con el fin de emplearlos en laboratorios y como muestras en exposiciones. No se tenía conocimiento de que se hubiera utilizado ese método en bibliotecas infestadas (65).

16.1.19 ¿Qué se hace para congelar los insectos?

Es muy sencillo: ponga el material infestado en un congelador. En Yale, primero se hicieron ensayos en congeladores domésticos. Cuando se comprobó que daban buenos resultados, obtuvieron un congelador de chorro de aire frío de 368 pies cúbicos (10,3 metros cúbicos) (un modelo para congelación rápida) en el que los libros

/...

infestados se congelaron a una temperatura de -30°C (-22°F). Primero se colocaron los libros en bolsas de polietileno y éstas se sellaron y colocaron en el congelador durante 72 horas. Luego se extrajeron y se dejaron secar durante una noche entera. Sólo se observó humedad en la parte exterior de las bolsas (65).

16.1.20 ¿Por qué no se fumigaron los libros infestados?

Podían haberse fumigado. Se trataba de casi 40.000 volúmenes. El personal de Yale optó por el método de la congelación que es más limpio y seguro, aunque más lento (el congelador tenía capacidad para unos 400 libros a la vez). Para fumigar hubiera sido preciso evacuar y sellar el edificio y dejarlo así durante varios días. Se descartó la aspersión por la posibilidad que dañara los libros. Se pensó también en la fumigación al vacío, pero se descartó por su elevado costo (65).

16.1.21 ¿Qué hacer cuando el moho se propaga antes de que sea posible congelar el material mojado?

Lo primero que viene a la mente es la fumigación. Con todo, aún no hay una respuesta catagórica y las opiniones varían. El debate se centra en los riesgos para la salud y los efectos a largo plazo de los productos tóxicos que se emplean (óxido de etileno, entre otros) para destruir eficazmente los hongos y las esporas (también los insectos y los huevos). Además, para lograr la destrucción profunda y penetrante es preciso utilizar una cámara de vacío, fija o portátil. Muchos países no cuentan con esta tecnología avanzada ni con los profesionales que se necesitan para poder emplear productos fumigantes que son altamente tóxicos para la población.

/...

Sin embargo, en la literatura especializada se recomiendan medidas de menor complejidad, aunque menos eficaces, como la nebulización con cristales de timol disueltos en un solvente adecuado para aplicar en casos concretos. La técnica de la nebulización se recomienda, por ejemplo, en casos de daños generalizados para destruir esporas ya existentes y evitar el crecimiento de otras nuevas (3), o cuando se trate de grandes colecciones a las que no se haya podido tener acceso durante varios días (5). Teniendo presente los riesgos que entraña para la salud, la nebulización debe confiarse a un fumigador profesional.

Pero, ¿qué hacer si no se dispone de inmediato de equipos de nebulización o fumigación? De conversaciones informales con algunos conservadores puede inferirse que en tal caso, y en presencia de un brote generalizado de moho en materiales mojados, harían lo siguiente: primero, no tratan de eliminar el moho frotándolo con cepillos o paños ya que quedaría una mancha difícil de eliminar. Acto seguido, preparar el material para congelarlo con miras a estabilizarlo y después, en el momento adecuado, secarlo por congelación. Cuando finalice el ciclo de secado se podrá eliminar el moho cepillándolo sin problema alguno (las personas deberán emplear máscaras y el cepillado se hará al aire libre).

Para hacer el problema un poco más complejo, se pidió a los mismos conservadores que recomendaran las medidas que deberían adoptarse de no existir equipo de fumigación ni de congelación (incluidas las cámaras de vacío). Sugirieron unánimemente que se retirara el material mojado del lugar húmedo donde se encontraba y se colocara en un lugar seco y fresco donde se pudiera secar a la manera tradicional. Añadieron que en ese caso utilizarían todo tipo de equipo eléctrico que tuvieran a su alcance para acelerar el proceso de secado y vigilarían cuidadosamente las condiciones ambientales. La recomendación final que hicieron fue que, de ser

/...

posible, en algún momento se utilizara la técnica de nebulización o fumigación.

16.1.22 ¿Es posible fumigar el material atacado de moho en la misma cámara donde se está realizando el secado por congelación?

Sí. El trabajo debe estar a cargo de un profesional que conozca las prescripciones sanitarias y de seguridad puesto que la sustancia que se emplea para la fumigación es tóxica, y cuando llegue el momento de ventilar el local deberá tenerse en cuenta que en la mayoría de los lugares hay normas estrictas para evitar la contaminación del aire.

Waters (5) sugiere como medida preventiva adicional que después de la esterilización se nebulice la cámara con una solución de cristales de timol al 12% disuelta en tricloroetileno. Este tratamiento es un amortiguador fungicida de duración temporal, pero ofrece un alto grado de resistencia contra brotes ulteriores de moho.

16.1.23 Si, al parecer, el secado por congelación destruye la capa visible que forman las esporas del moho ¿por qué es tan necesario esterilizar y nebulizar con un amortiguador? ¿Por qué no se guarda el material ya seco en un lugar adecuado?

Quizás convenga citar el siguiente caso. A raíz del incendio en el Military Records Center de St. Luis, Missouri, se trabajó en la recuperación de materiales que habían permanecido húmedos durante cuatro meses. Inevitablemente había brotado el moho. No obstante, en vez de fumigar el material afectado, éste se colocó en las cámaras de vacío del laboratorio del McDonnell-Douglas Space System. El

/...

tratamiento de secado detuvo la proliferación del moho. Posteriormente, en vez de asumir el gasto de esterilización de los materiales, se decidió colocarlos en un medio climatizado (39).

16.1.24 Algunas instituciones tienen materiales fotográficos en sus fondos. ¿Es posible congelarlos y secarlos por congelación?

En términos generales, sí. No obstante, el procedimiento que se recomienda para salvar el material fotográfico dañado por el agua es dejarlo en manos de un laboratorio profesional (algunos de ellos, por ejemplo el Eastman Kodak, tienen servicios de emergencia para esos casos). En algunas fuentes se indican los métodos empleados para estabilizar momentáneamente el material hasta que se envíe al laboratorio más cercano (66, 67, 68).

En pocas palabras: el material se coloca en un balde de material plástico con tapa que contenga agua fría y limpia. El material (fotos y películas en blanco y negro) puede permanecer en esa agua durante 72 horas aproximadamente sin que la emulsión se separe del soporte. Al material en colores se le da el mismo tratamiento, solo que las capas de color se separarán en unas 48 horas.

Aparte de los procedimientos recomendados, existe información sobre casos en que el material fotográfico se congeló y se secó por congelación con resultados satisfactorios. Por ejemplo, cuando la inundación de la biblioteca del Corning Museum, varios miles de libros se prepararon para la congelación y el secado por congelación subsiguiente. Durante esta operación, muchas películas, negativos, fotografías y diapositivas se embalaron inadvertidamente con los libros. Después del proceso de secado se encontró el material fotográfico y se pudo comprobar que estaba en mejor estado que el material que algunos voluntarios habían tratado de recuperar en el lugar (30).

/...

Valga otro caso. Durante las operaciones de recuperación vinculadas con la inundación de la Stanford Meyer Library, algunas muestras de microfichas, junto con fotografías a base de haluros de plata, microfilmes diazotípicos y vesiculares, y algunas cintas de computadoras se sumergieron en agua durante dos horas y luego se congelaron durante 48 horas a una temperatura de -15°F (-26°C). Posteriormente las muestras se secaron por congelación. Las microfichas se desintegraron pero las películas no sufrieron daño; la cinta de computadora se recuperó en buenas condiciones; el microfilme tenía algunas manchas pero el texto quedó íntegro; las fotografías estaban algo arrugadas pero se pudieron prensar fácilmente, y un rollo de película que estaba en su caja de cartón se recuperó bien (4).

Hendricks y Lesser (66) realizaron algunos ensayos con negativos de vistas fijas y reproducciones fotográficas en blanco y negro y en colores que, junto con otros materiales se sumergieron en agua y se secaron después siguiendo diversos métodos. El método de secado que prefieren, si cuentan con tiempo y personal, es, en primer lugar, el secado por aire, después el de congelación-descongelación-secado por aire, y por último, el secado por congelación en una cámara de vacío. Advirtieron que los negativos fotográficos en placas de cristal bañadas de colodión que se mojen nunca deben secarse por congelación porque no resisten ese proceso.

17. PALABRAS FINALES: PLANIFICACION DE LA PREPARACION PARA CASOS DE DESASTRE

17.1 ¿Por qué prepararse para un desastre?

A raíz de algunos desastres, un terremoto por ejemplo, en los que el material de archivo o bibliográfico de un edificio se esparce por doquier, el factor tiempo carece de importancia puesto que se dispondrá libremente de él para limpiar, ordenar y hacer las evaluaciones y valoraciones pertinentes. Pero cuando después de un
/...

desastre viene el daño provocado por el agua, entonces se imponen otras normas. Sólo se cuenta con algunas horas para adoptar medidas adecuadas que retarden el deterioro físico y químico del material celulósico e impidan el brote de una plaga biológica. Aquí es donde interviene la planificación de la preparación. Un plan bien elaborado que facilite el despliegue ordenado del personal para que cumpla las tareas y responsabilidades previamente asignadas en la operación de recuperación, puede convertir una situación potencialmente caótica en otra que podría clasificarse como de nivel inferior de emergencia.

17.2 Contenido de un plan de preparación para casos de desastre

El Plan de Preparación para Casos de Desastre no es más que un conjunto de instrucciones para que todos sepan lo que hay que hacer si se da el caso. Se elabora, discute, coordina y completa antes de un desastre y no durante éste, y se mantiene actualizado. En él figuran los nombres y los organismos con los que es preciso ponerse en contacto en caso de emergencia; las medidas que deben adoptarse mientras llega la ayuda; los métodos idóneos para recuperar los materiales dañados por el agua; las fuentes de suministro y materiales; la ubicación de instalaciones de congelación y almacenamiento en frío (la estabilización por congelación podría constituir el elemento más importante del plan); las instalaciones para el secado al vacío y el secado por congelación; los nombres de conservadores, químicos, electricistas, plomeros, fumigadores, etc., y la forma de localizarlos. En fin, información sobre todas aquellas personas y lugares cuya ayuda pueda necesitarse.

Para la literatura que se recomienda acerca de la planificación y preparación en caso de desastre, véase en Referencias, los números 5, 8, 69, 73, 74 y 75.

/...

17.3 La prevención: aspecto fundamental de la preparación

La preparación para casos de desastre no estaría completa si no se incluyen medidas preventivas. Entre esas medidas figura la inspección sistemática de los elementos de un edificio que entrañen peligro o riesgo para la integridad de una colección bibliográfica o de archivo. Se puede elaborar un método al efecto -hojas de inspección, por ejemplo- para clasificar los elementos en dos grupos que por lo general entrañan peligro: Riesgos de incendio y Riesgos de agua. Otro aspecto que debe ser objeto de un examen cuidadoso y periódico es el estado e idoneidad del equipo y los dispositivos de lucha contra incendios.

En el grupo de Riesgos de incendio, compruébese el estado de los materiales inflamables y los desechos; el estado del sistema y de los equipos eléctricos; el sistema de calefacción, los depósitos de combustible, etc. En el grupo de Riesgos de agua compruébense los elementos de peligro potencial tales como los conductos de agua y desagüe, las tuberías de vapor, los tanques y depósitos de agua y los sumideros; el estado de los tejados, vertederos, salidas de agua, tuberías maestras exteriores, drenajes, etc. Se puede elaborar una hoja de inspección para inspeccionar y registrar el estado del sistema de prevención de incendios e incluir la inspección de los extintores y detectores de incendio, las alarmas contra incendio, etc.

Para una selección de materiales sobre medidas preventivas, véase, en Referencias, los números 39, 70, 71, 72, 74 y 75.

/...

1. Schmelzer, Menahem. Fire and Water: Book Salvage in New York and Florence. Special Libraries (Nueva York, NY), No. 1, octubre de 1968, págs. 620 a 625.
2. Stender, W.E.; Walker, Evans. The National Personnel Records Fire: A Study in Disaster. The American Archivist (Chicago, IL), Vol. 37, No. 4, octubre de 1974, págs 521 a 550.
3. Spawn, William. After the Water Comes. En: Baker, John P.; Soroka, M.C. (Eds.) Library Conservation: Preservation in Perspective, págs. 400 a 404. Stroudsburg, PA, Doden, Hutchinson, Ross Inc., 1978. 459 págs.
4. Buchanan, Sally; Leighton, Phillip. The Stanford Meyer Library Flood. En: Myers, James N. (Ed.). Disasters: Prevention and Coping, págs. 70 a 95. Stanford, CA, Stanford University Libraries, 1981. 177 págs.
5. Waters, Peter. Procedures for Salvage of Water-Damaged Library Materials. LC Publications on Conservation of Library Materials, 2da. Ed., 1979, Washington, DC, Library of Congress. 30 págs.
6. Gallo, Fausta. Biological Agents Which Damage Paper Materials in Libraries and Archives. En: Thomson, G. (Ed.). Recent Advances in Conservation, págs 55 a 61. Londres, Butterworths, 1963. 224 págs.
7. Kowalik, R. Microbiodeterioration of Library Materials. Restaurator (Munksgaard, Copenhagen), Vol. 6, No. 1 y 2, parte 2, 1984, págs. 61 a 115.
8. Waters, Peter. Disasters Revisited. En: Myers, James N. (Ed.). Disasters: Prevention and Coping, págs 6 a 12. Stanford, CA, Stanford University Libraries, 1981. 177 págs.

/...

9. Thomas, Julian. Mass Fumigation at the National Library of Wales. En: McAusland, Jane (Ed.). Paper Conservation News, págs 2 y 3. Institute of Paper Conservation, Leigh, Worcester, No. 35, septiembre de 1985. 4 págs.
10. Loomer, Joseph T. Coated Papers. En: Britt, K.W. (Ed.). Handbook of Pulp and Paper Technology, 2da. Ed., págs. 517 a 528. Nueva York, NY, Van Nostrand Reinhold Company, 1970. 721 págs.
11. Plenderleith, H.J.; Werner, A.E.A. The Conservation of Antiquities and Works of Art. Londres, Oxford University Press, 2da. Ed., 1971. 394 págs.
12. Rowe, Terence; Snowman, John. Edwards Freeze-Drying Handbook. Crawley, Sussex, Edwards High Vacuum, 1978.
13. Comunicación personal: Dr. D.A. Doling, Lord Rank Research Center, High Wycombe, Bucks, Inglaterra.
14. Davies, Leon A.; Tueller, Joe R. Book Drying in a Space Chamber. Sunnyvale, CA, Lockheed Missiles and Space Company Public Service, 15 de mayo de 1980. 19 págs.
15. Waters, Peter. Mass Treatment After a Disaster. En: Morrison, R.C.; Cunha, G.M.; Tucker, N. (Eds.). Conservation Administration, págs. 115 a 126. North Andover, MA, New England Document Conservation Center and Library of the Boston Athenaeum, 1975. 351 págs.
16. Smith, Richard D. The Use of Redesigned and Mechanically Modified Commercial Freezers to Dry Water-Wetted Books and Exterminate Insects. Restaurator (Munksgaard, Copenhagen), Vol. 6, No. 3 y 4, 1984, págs. 165 a 190.

/...

17. Gratten, D.W.; McCawley, J.C. The Potential of the Canadian Winter Climate for the Freeze-Drying of Degraded Waterlogged Wood. Studies in Conservation (Londres), Vol. 25, No. 3, agosto de 1980, parte 2, págs. 118 a 136.
18. Flink, James M.; Hoyer, Henrik. Conservation of Water-Damaged Documents by Freeze-Drying. Nature (Londres), Vol. 234, 17 de diciembre de 1971, pág. 420.
19. Harris, R.H. Introduction. En: Hower, R.O. Freeze-Drying Biological Specimens: A Laboratory Manual, págs. 19 a 21. Washington, DC, Smithsonian Institution Press, 1979. 169 pags.
20. Flosdorf, Earl W. Advances in Drying by Sublimation. Journal of Chemical Education (Easton, PA), octubre de 1945, págs. 470 a 480.
21. Hopson, Janet. The Freeze-Drying Technique Makes for Movable Feasts. Smithsonian (Washington, DC), Vol. 14, julio de 1983, págs. 91 a 96.
22. Schafer, Werner; Stahnke, Otto. Freeze-Drying of Food-stuffs. Chemistry and Industry (Londres), 21 de julio de 1979, págs. 461 a 465.
23. Hower, R.O. Advances in Freeze-Dry Preservation of Biological Specimens. Curator (Nueva York, NY), Vol. 13, No. 2, 1970. Págs. 135 a 152.
24. Gratten, D.W.; McCawley, J.C.; Cook, C. The Conservation of a Waterlogged Dug-Out Canoe Using Natural Freeze-Drying. (Paris), Publicación preliminar No. 18/7/3, ICOM Committee for Conservation, 6ta. Reunion Trienal, Ottawa, 1961.

/...

25. Panter, I. Conservation of Leather Artifacts Recovered From the Mary Rose. Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists (Londres), Vol. 66, marzo-abril de 1982. Págs. 30 y 31.
26. Elmer, Jorg. Gefriertrocknung neolithischer Gwebe und Gelfechte. Arbeitsblätter fur Restauratoren (Maguncia), Vol. 6, No. 1, 1973. Págs. 17 a 32.
27. Hamilton, Robert M. The Library of Parliament Fire. The American Archivist (Chicago, IL), Vol. 16, No. 2, abril de 1953. Págs. 141 a 144.
28. Flink, James M. Utilization of Freeze-Drying to Save Water-Damaged Manuscripts. Vacuum (Oxford), Vol. 22, No. 7, 1972. Pág. 273.
29. Martin, John M. Aprè's Le Deluge...Resusitating a Water-logged Library. En: Baker, J.P.; Soroka, M.C. (Eds.). Library Conservation: Preservation in Perspective, págs. 391 a 399. Stroudsburg, PA, Dowden, Hutchinson, Ross Inc., 1978, 459 págs.
30. Martin, John H. (Ed.). The Corning Flood: Museum Under Water. Corning, NY. The Corning Museum of Glass, 1977. 60 págs.
31. Willey, Elwood A. The Charles Klein Law Library Fire. En: Morris, John. Managing the Library Fire Risk, 2da. Ed., págs. 20 a 29. Berkeley, CA, University of California, 1979. 147 págs.
32. Shoulberg, Richard. Stabilization Using Freeze-Drying. En: Morrison, R.C.; Cunha, G.M.; Tucker, N. (Eds.). Conservation Administration, págs. 151 a 169. North Andover, MA, New England Document Conservation Center and Library of the Boston Athenaeum, 1975. 351 págs.

/...

33. Walker, Evans. Military Personnel Records Center Fire. En: Morris, John. Managing the Library Fire Risk, 2da. Ed., págs. 130 a 131. Berkeley, CA, University of California, 1979. 147 págs.
34. Morrow, Carolyn C. The Preservation Challenge. White Plains, NY y Londres, Knowledge Industry Publications Inc., 1983. 231 págs.
35. Horton, Carolyn. Saving the Libraries of Florence. Wilson Library Bulletin (Bronx, NY), junio de 1967, págs. 1035 a 1043.
36. Gibson, John A.; Reay, David. Drying Rare Books Soaked by Water: A Harwell Experiment. The Paper Conservator (Leigh, Worcester), Vol. 7, 1982 a 1983, págs. 28 a 34.
37. Bower, Peter; Brandt, Charles. Operation Paperlift. Archivaria (Vancouver, B.C.), No. 12, verano de 1981, págs. 135 a 144.
38. Comunicación personal: Prof. Otto Wachter, Institute for Restoration, Austrian National Library, Viena.
39. Morris, John. Managing the Library Fire Risk. 2da. Ed. Berkeley, CA, University of California, 1979. 147 págs.
40. Anon. Dry as Dust. Chemistry in Britain (Londres), marzo de 1985, pág. 3.
41. Bush, A.P. Freeze-Drying Books in a Commercial Freezer: A Note. Paper Conservation News (Leigh, Worcester), Institute of Paper Conservation, No. 33, marzo de 1985, pág. 3.
42. Leroy, Matine. La lyophilisation des documents immerges dans l'eau de mer. Novelles de L'ARSAG (París). Bulletin de la Association Pour La Recherche Scientifique Sur Les Graphiques, No. 0, enero de 1985, págs. 2 y 3.

/...

43. Eichhorn, Peter. Anwendung von Tiefgefrierung bei durchnaesten Buchern, Mitteilungen IADA (Munich), No. 43, 1972, págs. 361 a 363.
44. Eichhorn, Peter. Anwendung der Tiefgefrierung Lagerung durchnasster Bucher. Arbeitsblätter für Restauratoren (Mainz), Vol. 6, No. 1, 1973, págs. 11 y 12.
45. Anón. Deseccación "espacial" de libros y manuscritos de gran valor. Boletín (Bonn), Departamento de Prensa e Información del Gobierno de la República Federal de Alemania, No. 36/año 23, 17 de diciembre de 1976, pág. 276.
46. Comunicación personal: H. Bansa, Bayerische Staatsbibliothek, Munich.
47. Comunicación personal: J.H. Hofenk de Graaff, Depto. de Polímeros Naturales, Central Research Laboratory for Objects of Art and Science, Amsterdam.
48. Comunicación personal: R. Soeterhaug, Archaeological Conservation Laboratory of the University of Trondheim, Noruega.
49. Notas de Prensa. The American Archivist (Chicago, IL), Vol. 43, No. 4, otoño de 1980, pág. 522.
50. Notas Técnicas. The American Archivist (Chicago, IL), Vol. 43, No. 1, invierno de 1980, pág. 98.
51. Notas de Prensa. The American Archivist (Chicago, IL), Vol. 43, No. 1, invierno de 1980, pág. 118.

/...

52. News Bureau Release. Lockheed Missiles and Space Company, Sunnyvale, CA, 23 de marzo de 1981.
53. Comunicación personal: American Freeze Dry Inc., Audubon, NJ.
54. Comunicación personal: J.D. Schmidt, The VirTis Company, Inc., Gardiner, NY.
55. Comunicación personal: John Scott, especialista en productos, secado por congelación, Edwards High Vacuum, West Sussex, R.U.
56. Comunicación personal: G.M. Frimel, Ingeniería y Ventas, Sistemas de secado al vacío, Houston, TX.
57. Burns, Robert. Space-Age Drying Method Salvages Library Books. En: Morris, John. Managing the Library Fire Risk, 2da. Ed. Berkeley, CA, University of California, 1979, 147 págs.
58. Buchanan, Sally. The Stanford Library Flood Restoration Project. College and Research Libraries (Chicago, IL), Vol. 40, No. 6, november de 1979. Págs. 539 y 540.
59. Gibson, John A.; Reay, David. Drying Rare Old Books Soaked by Flood Water. Museums Journal (Londres), Vol. 80, No. 3, diciembre de 1980. Págs. 147 y 148.
60. Grabación de Reunión Anual, American Institute for Conservation, Washington, DC. Cassette Recording Co., Dayton, OH.
61. Brahm, Walter. A Regional Approach to Conservation: The New England Document Conservation Center. The American Archivist (Chicago, IL), Vol. 40, No. 4, octubre de 1977, págs 421 a 427.

/...

62. Comunicación personal: R. McComb. Library of Congress, Washington, DC.
63. Leighton, Phillip D. The Stanford Flood. College and Research Libraries (Chicago, IL), Vol. 40, No. 5, septiembre de 1979, págs. 450 a 459.
64. Flieder, Francoise, et al. Effet de la lyophilisation sur le comportement mecanique et chimique du papier, du cuir, et du parchemin. Comité pour la conservation de l'ICOM (París), 5ta. Reunión, trienal, Zagreb, 1978.
65. Walker, Gay. The Quiet Disaster II: Pests and People. En: Myers, James (Ed.). Disasters: Prevention and Coping, págs. 24 a 31. Stanford, CA, Stanford University Libraries, 1981. 177 págs.
66. Hendriks, Klaus; Lesser, Brian. Disaster Preparedness and Recovery: Photographic Materials. The American Archivist (Chicago, IL), Vol. 46, No. 1, invierno de 1983, págs. 52 a 68.
67. Weinstein, Robert; Booth, Larry. Collection, Use, and Care of Historical Photographs. Nashville, TN. American Association for State and Local History, 1977. 224 págs.
68. Eastman Kodak Company. Preservation of Photographs. Rochester, NY, Eastman Kodak Company, 1979. 61 págs.
69. Bohem, Hilda. Disaster Prevention and Disaster Preparedness. Berkeley, CA, University of California, abril de 1978. 23 págs.
70. Leighton, Phillip. Reducing Preservation Hazards Within Library Facilities. En: Myers, James (Ed.). Disasters: Prevention and Coping, págs. 24 a 31. Stanford, CA, Stanford University Libraries, 1980. 177 págs.

71. Library Technology Project. Protecting the Library and Its Sources: A Guide to the Physical Protection and Insurance. Chicago, IL, American Library Association, 1963. 322 págs.
72. Spawn, William. Disasters: Can We Plan for Them? If Not, How Can We Proceed? En: Russel, Joyce (Ed.). Preservation of Library Materials, págs. 24 a 29. Nueva York, NY, Special Libraries Association, 1980. 96 págs.
73. Anderson, Hazel; McIntyre, John. Planning Manual for Disaster Control in Scottish Libraries and Record Offices. Edinburgh, National Library of Scotland, 1985. 75 págs.
74. Barton, John; Wellheiser, Johanna (eds.). An Ounce of Prevention: A Handbook on Disaster Contingency Planning for Archives, Librarys and Record Centres. Toronto, Toronto Area Archivists Group Education Foundation, 1985. 192 págs.
75. Morris, John. The Library Disaster Preparedness Handbook. Chicago, American Library Association, 1986. 129 págs.