

CAPÍTULO II

NATURALEZA DE LOS MATERIALES DE BIBLIOTECA Y DE LOS CONTAMINANTES

2.1. Naturaleza del material bibliográfico

Las bibliotecas están conformadas por materiales orgánicos que se encuentran en la fabricación del papel, las tintas y encuadernaciones, como son la fibra celulósica, las colas y los rellenos de almidón, los adhesivos naturales, incluido el engrudo de almidón de origen vegetal y las colas echas con pieles y cueros de animales. El papel se deteriora a causa de los componentes inestables e incompatibles existentes en su fabricación, denominados factores intrínsecos o internos; también sufren otros daños por efectos externos que se produce por causas físicas, físico-mecánicas, químicas, biológicas y por desastres.

Dentro de las causas físicas se encuentran tres factores de alteración provocados por la humedad, temperatura y luz. El exceso de humedad reblandece los aprestos, lo cual favorece la formación de ácidos derivados de sales y otros productos utilizados en la fabricación del papel o en la composición de las tintas. Las oscilaciones bruscas y continuas de temperatura y humedad someten al papel a fuertes tensiones de contracción - dilatación que quebrantan sus enlaces estructurales. Las radiaciones lumínicas más peligrosas para la conservación son las de luz ultravioleta, que tienen como efecto el

amarillamiento, el aumento de reacciones químicas, la decoloración y la desintegración del papel³.

Otras alteraciones son de origen físico-mecánico, causadas por el manejo inadecuado de los documentos, deficientes instalaciones, golpes, roces, ataduras fuertes de los paquetes, adornos metálicos, etc., que dan lugar a roturas de las hojas y la aparición de manchas.

Dentro de las alteraciones químicas, los componentes de los materiales de bibliotecas y archivos sufren reacciones indeseables por la gran variedad de elementos químicos presentes en el aire. Según Beck⁴ “uno de los mayores problemas en la actualidad es la gran cantidad de contaminantes en el aire, cuya acción dañina se percibe en la rápida destrucción de los bienes culturales, ya sean de papel, piedra o metal, aunque los más porosos presentan mayor vulnerabilidad”.

Son múltiples los agentes biológicos que producen alteraciones en los materiales de las bibliotecas, entre los más conocidos tenemos el grupo de los insectos, microorganismos y roedores.

Los desastres son los mayores destructores de las colecciones y son causados por inundaciones o incendios. Las inundaciones provocan corrimiento de las tintas, rotura de hojas, pérdidas de sustancias encolantes, manchas y aparición posterior de hongos. La acción del fuego puede producir desde la mutilación o la destrucción total del documento.

³ Crespo, Carmen y Viñas, Vicente. *La preservación y restauración de documentos y libros en papel*. París: UNESCO, 1984, pp.21-23.

⁴ Beck, Ingrid. *Manual de conservación y restauración de documentos*. México: Archivo General de la Nación, 1992, p.13.

2.1.1. El papel

El papel es el soporte más común de los documentos gráficos conservados en bibliotecas y archivos. Sus orígenes son muy remotos, probablemente apareció en el siglo II d. c. en China. Su composición y manufactura ha ido variando a lo largo de los años, pero ha mantenido su esencia.

La manufactura del papel, que originalmente empleaba desechos de sedas y después lino, cáñamo y otras fibras vegetales, se mantuvo en secreto hasta principios del siglo VIII, cuando se inicia en Samarkanda la fabricación del papel gracias a unos prisioneros chinos que conocían la técnica. Así se supone que aquellos presos fueron quienes transmitieron a los árabes la técnica de la manufactura del papel⁵.

Por la expansión del dominio árabe, el papel fue difundido por todos sus territorios hasta llegar a occidente a partir de España. En Europa, el papel se encuentra documentado a partir del siglo X, en las ciudades de Córdoba y Sevilla. A partir de este momento su difusión por el resto del continente fue lenta. En el siglo XVI fue llevado a América por los españoles⁶

Con la difusión del papel fue cambiando las materias primas empleadas en su fabricación. Los árabes incorporaron fibras de algodón, pero lo que más se utilizó en Europa fueron los trapos de este material o sobre todo de cáñamo y lino.

⁵.Breck, Ingrid. Op. cit. p.13.

⁶ Viñas, Vicente y Viñas, Ruth. Op. cit. p.14.

Según Vicente Viñas y Ruth Viñas⁷ : En la manufactura, los trozos de trapos se dejaban macerar en cal para facilitar su desfibrado, posteriormente se machacaban con martinets movidos con fuerza hidráulica o con la pila holandesa; a partir del siglo XVII, se logró un mejor refino o desfibrado mediante este sistema.

La pasta obtenida era extraída de la pila mediante formadores metálicos, que dejaban impresa su huella en el papel, el cual una vez seco era encolado. En un principio se emplearon adhesivos vegetales, más tarde colas animales y, finalmente, se incorporó el uso del alumbre como endurecedor de los engrudos. El papel obtenido de esta manera era de buena calidad, por ser algo alcalino y, en consecuencia, estar protegido contra la acidez. (Sólo la presencia del alumbre produce problemas de conservación.)

El procedimiento manual fue dando paso a métodos cada vez más mecanizados, con los cuales se obtuvo un papel de diferentes características, llamado papel continuo. Este tipo de papel apareció a finales del siglo XVIII y es la base de la maquinaria actual en la industria papelera. Con su aparición comenzaron a cambiar algunos componentes y debido a la escasez del trapo blanco: se empezaron a utilizar trapos de color, los cuales, a partir del siglo XVIII, pudieron ser blanqueados con elementos clorados. Los engrudos y colas animales fueron sustituyéndose por un apresto a base de alumbre, más ventajoso porque se podía mezclar con la pasta de papel, prescindiendo del proceso de encolado.

El uso de cloro supuso una degradación de las materias que conforman el papel al propiciar su oxidación, así mismo, el alumbre también resultó nocivo,

⁷ Viñas, Vicente y Viñas, Ruth Op. cit. p.15.

porque al disolverse en el agua forma una fuerte reacción ácida que destruye la reserva alcalina, lo cual daña las fibras celulósicas⁸.

La creciente demanda del papel fue difícilmente satisfecha porque empezaron a escasear los trapos y fue necesario sustituir la principal materia prima. A mediados del siglo XIX se empleó por primera vez un nuevo producto: la madera, cuyo inconveniente fue su menor contenido en celulosa a cambio de un mayor porcentaje de lignina, que es un elemento que contribuye a la acidificación y oxidación del papel.

Los troncos de árbol, previamente descortezados y trozados, fueron la base del nuevo papel. Según el procedimiento utilizado se obtuvo un papel de pasta mecánica, pasta química o químico-mecánica⁹.

La pasta mecánica se obtenía por desfibrado del tronco mediante sistemas abrasivos, que producían un papel de baja calidad con fibras cortas y desiguales. A la baja calidad del producto contribuye la presencia de agentes colorantes no eliminados en su totalidad después del proceso de blanqueo a que estas fibras de coloración oscuras son sometidas, a fin de mejorar su aspecto estético y no su calidad; este papel es comúnmente utilizado para la impresión de periódicos.

La pasta química se obtiene si se usan los procesos adecuados para extraer las sustancias no celulósicas. Básicamente en este proceso se realiza la llamada digestión, en la cual se emplea tanto sustancias químicas como temperatura y presión. Del primer proceso con bisulfito resultaron papeles ácidos, debido al empleo de dióxido de azufre. Actualmente, los procesos a la sosa y al sulfato son un poco alcalinos y no tan perjudiciales para las fibras. La

⁸ Viñas, Vicente y Viñas, Ruth. Op. cit p. 15.

⁹ Crespo, Carmen y Viñas, Vicente. Op. cit. pp. 5-6.

pulpa de sulfato, mejor conocida como kraft, es la de mejor calidad y la más empleada por los fabricantes de papel, pero es necesario su blanqueamiento posterior, con la finalidad de atender las exigencias de la blancura para el soporte de los documentos gráficos.

La pasta mecánico-química es obtenida por el proceso de extracción de la pulpa que se realiza en dos periodos. El primero se inicia con el desfibramiento mecánico y el segundo por procesos químicos, los cuales no llegan a extraer los compuestos no celulósicos. A pesar de que este proceso es menos agresivo para el papel, éste sigue conteniendo elementos internos que causan su deterioro.

La alternativa para preservar los documentos es el papel permanente-durable, que es fabricado con pasta de madera de buena calidad, dotado de reserva alcalina, encolado con resinas estables y cuyas fibras son resistentes y largas.

En la actualidad, la composición del papel es demasiado compleja. Se pueden incluir múltiples aditivos que modifican sus características y dan lugar a diferentes tipos de papel tan dispares como el couché o el papel vegetal, los cuales deberán ser tratados de diversas maneras desde el punto de vista de la conservación.

La composición del papel ha ido variando desde su descubrimiento. De acuerdo a las etapas de fabricación se han utilizado diferentes componentes orgánicos como los siguientes¹⁰:

- a. **Celulosa.** Es una sustancia orgánica formada por una gran molécula constituida por unidades menores de azúcar, cada una de ellas dividida a su vez

¹⁰ Crespo, Camen. y Viñas, Vicente. Op. cit. pp.3-8.

en dos moléculas de glucosa¹¹. La molécula de celulosa forma una larga cadena, y la unión de varias cadenas da lugar a la fibra. La molécula de glucosa está formada a su vez por seis átomos de carbono en cadenas, y cada uno lleva unidos átomos de oxígeno, e hidrógeno (OH) oxhidrilos, ligados entre sí en torno a un anillo formado por cinco átomos de carbono y uno de oxígeno. Las moléculas de agua incorporadas a la pasta durante la fabricación del papel forman enlaces semiquímicos con los oxhidrilos, los cuales sirven de puente entre las moléculas de celulosa adyacentes (puentes de hidrógeno) y refuerzan así las largas cadenas separadas de aquella. Por lo tanto, si las fibras de celulosa se deshidratan desaparecerán parte de esos puentes de hidrógeno y la fibra se contraerá en su anchura. En cambio, cuando la fibra está bien hidratada se expande y el exceso de agua reblandece la fibra hasta desmenuzarla.

- b. **Engrudo vegetal.** Está fundamentalmente formado por harinas mezcladas con agua. El principal componente es el almidón y el hidrato de carbono que se encuentra en muchas plantas, y de modo especial en los cereales (el arroz es el cereal que posee en mayor cantidad en forma granulada. Es casi insoluble en agua fría, pero en agua caliente los gránulos se hinchan y forman una sustancia viscosa que se endurece al enfriar y perder agua.

- c. **Cola de animal.** Es el resultado de la hidrólisis¹² del colágeno, proteína constitutiva de la piel (gelatina) o de los cartílagos y huesos de los animales. El procedimiento de obtención es la cocción de estos desperdicios limpios de pelo

¹¹ Glucosa. Azúcar de color blanco, cristizable, que se halla disuelta en las células de muchas frutas.

¹² Hidrólisis. Desdoblamiento de la molécula de ciertos compuestos orgánicos por la acción del agua o de una corta cantidad de fermento o ácido.

y carne; al igual que en los engrudos vegetales, la sustancia viscosa obtenida se endurece al enfriarse y deshumectarse.

- d. **El alumbre.** Es una sal del ácido sulfúrico (sulfato de aluminio potásico), su disolución en el agua causa una fuerte reacción ácida, la cual destruye la reserva alcalina y ataca la fibra de celulosa, incluso antes de la formación de la hoja.
- e. **Elementos clorados.** Son utilizados para el blanqueo de trapos sucios y de color. Su uso se generalizó en la etapa industrial y continuó en el periodo de la pasta de madera. Aun cuando las pastas cloradas son lavadas con posterioridad para eliminar sus residuos, estos difícilmente desaparecen en su totalidad y su acción oxidante lo hace un elemento degradante del papel.
- f. **La colofonia.** Es una resina obtenida de la turpetina¹³, que hace al papel resistente al agua y apto para recibir la tinta. Su utilización como apresto, acompañado del alumbre, facilita su precipitación sobre las fibras y además produce la acidez en los papeles.
- g. **La lignina.** Es un complejo ácido orgánico que rodea e impregna las fibras de celulosa y cuya función en las plantas no es muy conocida. Es muy vulnerable a la acción de los agentes oxidantes, posee alto grado de polimerización y es insoluble en agua, pero puede ser eliminado mediante procedimientos químicos.

2.1.2. La tinta

La tinta es una sustancia que en estado más o menos fluido, e incluso sólido, es apta para escribir, imprimir o colorear según las técnicas e instrumentos apropiados. Es inseparable del papel y en ocasiones causa su deterioro. Sin la tinta no tendría razón la existencia de la conservación del soporte desde el punto de vista documental y bibliográfico.

2.1.2.1. Componentes

En la composición de la tinta intervienen diferentes ingredientes que determinan su calidad y propiedad; éstos se dividen en básicos y complementarios¹⁴.

a. Componentes básicos

- **Colorante.** Sustancia constituida por pigmentos¹⁵ de origen natural o artificial que proporciona el color característico de la tinta.
- **Disolvente.** Es el medio en el que se diluyen o dispersan los ingredientes que intervienen en la obtención de la tinta, para proporcionarle fluidez adecuada al instrumento para escribir y al soporte utilizado. Los disolventes más habituales son el agua en las tintas de escribir y el aceite en las de imprimir.

¹³ Turpetina. Porción insoluble en éter de la resina de la raíz del turbit.

¹⁴ Crespo, Carmen y Viñas, Vicente. Op. cit. p. 9.

¹⁵ Pigmento. Materia colorante que se encuentra en las células vegetales o animales.

- **Aglutinante.** Sustancia pegamentosa que tiene como fin proporcionar la cohesión entre partículas colorantes y el soporte.
- **Mordiente.** Sustancia química que fija la tinta al soporte y llega a sustituir a la acción mecánica de las sustancias pegamentosas. Éste generalmente es un compuesto ácido que interviene en la composición de las tintas denominadas metaloácidas.

b. Componentes complementarios

- **Espesante.** Empleado para controlar la densidad del preparado.
- **Olorante.** Sustancia que propicia el grato olor de la tinta o reduce su olor desagradable.
- **Humectante.** Agente controlador del secado, a la vez que puede actuar como ligante y flexibilizante.
- **Antiséptico.** Actúa como inhibidor de la actividad microbiana.
- **Anticongelante.** Su misión es reducir el punto de congelación.
- **Abrillantador.** Elemento que procura el brillo a la tinta.
- **Penetrante.** Actúa favoreciendo la inclusión de la tinta en el soporte.

2.1.2.2. Clasificación

Desde el punto de vista de la conservación, las tintas deben ser identificadas como estables e inestables. Las estables son aquellas que poseen equilibrio físico-químico ante factores ambientales y son neutras con relación al soporte que las sustenta; las inestables son las que en su constitución

intervienen elementos que directa o indirectamente provocan su propia alteración o la del soporte que las contiene.¹⁶

Según los procedimientos de aplicación al soporte las tintas se clasifican en tintas caligráficas, de imprimir y pictóricas

a. Tintas caligráficas

Su característica clásica y tradicional es su aspecto fluido, y con respecto a su viscosidad adoptan estados muy variados.

Las tintas caligráficas de mayor interés son¹⁷:

- **De carbón.** Es la tinta estable por excelencia, debido a que su colorante básico es el carbón, sustancia inalterable ante ácidos o álcalis, así como por la luz, agua o factores microbiológicos. Esta tinta se obtiene por semicombustión de materias orgánicas que se dispersan en el agua y aglutinan con una sustancia pegamentosa y pueden contener mordiente.
- **De sepia.** Es obtenida del árbol sepia offinalis, cuyo extracto contiene sustancias minerales y orgánicas insolubles en agua. Su preparación se consigue diluyendo el preparado en ácido con posterior neutralización, luego se mezcla con agua y aglutinantes. Su estabilidad es menor que de la tinta de carbón, es sensible al cloro que la transforma en color anaranjado e inestable a la luz.
- **De bistre.** Se obtiene por cocción de hollín y presenta una coloración gris ocre. Su calidad es inferior a la tinta negra de carbón, aunque sus componentes básicos son similares y presentan inestabilidad ante la luz que lo decolora¹⁸.

¹⁶ Crespo, Carmen y Viñas, Vicente. Op. Cit. pp. 10-15.

- **Metaloácidos.** Se caracterizan por obtener su coloración gracias a un metal al que se añade un ácido que actúa como mordiente. Entre estas tintas destacan las ferrogálicas que son formadas por una sal de hierro con ácido galo - tánico; las de campeche, que se obtienen mediante la cocción de raíces y ramas de este árbol combinado con diversas sales metálicas según el color deseado; las de alizarina, que es sal de hierro disuelta en ácidos y la materia colorante que generalmente es una solución de índigo en ácido sulfúrico; las de vanadio, que esencialmente sustituyen el hierro de las ferrogálicas por este metal.
- **De anilinas.** La anilina es un líquido grasiento, moderadamente soluble en agua, que se obtiene por transformación de la bencina¹⁹. Se logra por elaboración del carbón de piedra o del alquitrán de hulla, pero antes de su industrialización se obtiene del índigo (añil) que es un producto tóxico que recién obtenido es incoloro pero que al ponerse en contacto con el oxígeno toma una tonalidad amarillo-oscuro. Los aditivos comunes de las tintas de anilina son el agua, alcohol, glicerina, goma arábica, alumbre, ácidos fénicos, oxálicos, salicílico, sulfúrico, sulfato sódico, sal común, carbonato, sódico, fosfato disódico, dextrina, urea y aglutinantes clásicos. Actualmente se obtiene sintéticamente por transformación de la bencina.

b. Tintas de impresión

Estas tintas tienen como aglutinante original un barniz, que actúa como vehículo de aplicación del colorante y se obtiene por cocción, desengrase y purificación del

¹⁷ Crespo, Carmen y Viñas, Vicente. Op. cit. pp.10 – 17.

¹⁸ Viñas, Vicente y Viñas, Ruth. Op. cit. p. 6

¹⁹ Bencina. Mezcla de hidrocarburos, que se emplea como carburante en los motores de combustión interna y también para quitar manchas.

aceite de limo, aunque está siendo sustituido por resinas sintéticas²⁰. La mezcla de este barniz con diferentes disolventes, secativos y espesantes proporciona la variedad de tintas que se diferencian por su viscosidad, penetrabilidad, velocidad del secado, fijeza, etc., las cuales se clasifican en²¹:

- **Tipográficas.** Son las tintas que se usan para periódicos y grabados. Las tintas para periódicos utilizan materiales de baja calidad como aceites minerales, resinas y hulla a los que se incorpora secativos de rápido efecto, adecuados a las características absorbentes del papel periódico. Sus componentes comunes es el negro de humo, negro de carbón, negro de lámpara, negro animal, hollín de embrear como colorante y como aditivo la colofonia y alquitrán de hulla. La tinta de grabado o ediciones de calidad seleccionan el colorante utilizando barnices de aceites de linaza muy refinado y los aditivos preferentes son la colofina y la melaza.
- **Litográficas y zincográficas.** Estas tintas usan el negro de humo disperso en aceite de lino al que se incorpora una sustancia grasa para potenciar la inadherencia de esta tinta sobre la piedra o plancha metálica. Las sustancias grasas más comunes son las ceras, grasa de buey, sebo, aceite de oliva, etc. También utilizan la masilla y la goma para proporcionar cuerpo a la tinta.

²⁰ Resina sintética. Sustancia sólida, insoluble en agua y que se obtiene por destilación de las termentinas.

²¹ Crespo, Carmen. Op. cit. pp.13-14

- **De huecograbado.** Utilizan como disolvente un hidrocarburo aromático, que generalmente es el benzol. En algunas ocasiones este disolvente es sustituido por agua, alcohol e incluso aceite vegetal.
- **De offset.** Utilizan un barniz a base de aceite de lino con un secativo muy rápido, que favorece la velocidad de la impresión

c. Tintas pictóricas

Son usadas en dibujos y pintura, entre las que se distinguen cuatro grandes grupos²²:

- **Los elementos sólidos.** Son aquellos que carecen de disolventes al ser aplicados, aunque tienen uno en su proceso de fabricación. Entre estas tintas tenemos las de lapiceros, de grafito, de colores, ceras, pasteles, carboncillos, etc.
- **Las aguadas.** Se caracterizan por utilizar como disolvente el agua, y entre las principales tenemos a la tinta china, cuyo pigmento es el carbón; la acuarela con goma arábica como aglutinante; la témpera, que se diferencia de la acuarela por llevar un espesante que confiere el matiz opaco; el temple, que emplea como adherente a la albúmina.
- **Los óleos.** Diluyen el pigmento en un aceite que es generalmente de linaza o nuez.

²² Viñas, Vicente y Viñas, Ruth. Op. cit. pp.6-7

- **Los acrílicos.** Son las tintas más modernas, caracterizadas por tener como aglutinante un agente sintético que puede ser tanto un elemento acrílico como polivinílico.

2.1.3. La encuadernación

La encuadernación es un elemento del libro que aparece con la función específica de protegerlo ante el uso y almacenaje.

Según Vicente y Ruth Viñas: se podrían considerar como sus antecedentes más remotos de la encuadernación a la simple funda de tela, que a modo de saco, contenían y resguardaban los rollos de papiro; pero fueron los romanos quienes adaptaron primero la encuadernación en forma de libro cuadrado. Las primeras encuadernaciones consistían simplemente en un cosido que unía entre sí las hojas o cuadernillos del libro, que se sujetaban a unas tapas de madera o a un pliego de pergamino mediante unos cordoncillos llamados nervios. Al principio, las cubiertas eran lisas, pero pronto se inició su ornamentación, con lo que fueron creciendo cada vez más en importancia hasta supeditarse a las modas y corrientes artísticas de cada época²³.

Así, la encuadernación nacida de exigencias funcionales se convirtió en elemento artístico y documental. Por esto la restauración de una encuadernación está condicionada al aspecto artístico, aunque sin olvidar el servicio que presta al cuerpo del libro que es protegerlo.

Los elementos que constituyen una encuadernación son generalmente los mismos, aunque existen variaciones que se disponen de un modo más o menos repetitivo, a lo que se llama arquitectura del libro.

²³ Viñas, Vicente y Viñas, Ruth . Op. cit. p.51

Las partes más importantes de la encuadernación son:

- **Tapas.** Son las superficies de madera, cartón, papel, etc. que cubren el cuerpo del libro.
- **Cubierta.** Es el material que cubre las tapas, suelen ser de piel o tela.
- **Lomo.** Lateral del libro en el que se sujetan las hojas
- **Costura.** Sistema de unión de las hojas entre sí.
- **Cortes.** Planos formados por los cantos de las hojas.
- **Pestañas.** Reborde de la cubierta que sobresale de la cubierta del libro.
- **Cajo.** Surco en los laterales del lomo para acomodar las tapas.
- **Gracia.** Hendidura triangular en la tapa para ceñir la piel del cajo.
- **Nervios.** Cordeles sobre los que se efectúa la costura mediante los cuales se une el cuerpo del libro a la tapa.
- **Guardas.** Hojas de papel o tela que se colocan al principio y al final del cuerpo del libro y cubren el reverso de las tapas.
- **Cabezada.** Cordón que se coloca en los extremos del lomo protegiendo las esquinas de los cuadernillos.

Aparte de estos elementos esenciales existen otros muchos para reforzar aun más la encuadernación con fines estéticos.

Generalmente, los libros se pueden encuadernar de diferentes formas. Así tenemos:

- **En rústica.** Con hojas simplemente pegadas con cola y las cubiertas de cartoncillos.

- **En cartoné.** Con lomo de percalina y papel de color sobre el cartón de las tapas.
- **A media pasta.** Se encuaderna con lomo de piel y tapas de changrín o con lomo de piel y tapas de tela.
- **En pasta.** Se puede encuadernar de dos formas. En la primera, el conjunto del libro cubierto de blanquillo y jaspeado, y lomo con o sin nervios. En la segunda se cubre el libro igual que el primero y se pinta con agua en que se haya diluido azafrán; después de seco se salpica con una solución de sulfato de hierro y, finalmente, se salpican ambas preparaciones con agua regia para obtener el llamado ojo de gallo.
- **A la inglesa.** Consiste en lomo de piel de chagrín o achagrinado, puntas de ídem y el resto de la tapa en tela. Otra forma es utilizando el lomo de piel lisa, puntas de ídem y la tela sustituida por papel coco.

2.2. Elementos de los contaminantes

“La contaminación ambiental es la presencia en la atmósfera de cualquier agente físico, químico o biológico, o de combinación de los mismos, en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, seguridad y bienestar de la población, perjudiciales para la vida animal y vegetal o impidan el goce de propiedades y lugares²⁴.”

La Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que la “contaminación del aire ocurre cuando uno o muchos contaminantes están presentes en tales cantidades y por tales períodos en el aire ambiental que son nocivos a los seres

²⁴ Vizcarra Andreu, M. *La atmósfera contaminada y sus relaciones con el público*. Lima, 1982 p.32.

humanos, animales, plantas, propiedades y contribuyen a dañar o causar molestias al bienestar y uso de propiedades en grado medible”.²⁵

Las principales fuentes de contaminantes, de gases tóxicos y de partículas sólidas en el aire son las industrias de diversas magnitudes, capacidad y especialización, como los complejos petroquímicos, siderúrgicos, textiles, pesqueros y de producción de cemento a las que se añade el parque automotor y los desechos domésticos (basura).

2.2.1. Contaminantes medioambientales

a. Materiales particulados

Están compuestos por los contaminantes conocidos comúnmente como polvo atmosférico, cenizas volantes y aerosoles. Las partículas son los contaminantes más visibles y molestos para el ser humano. Lamentablemente, no existe actividad que no sea acompañada de generación o remoción de materiales particulados. Son muchos los efectos negativos de los que se culpa al polvo atmosférico.

La acción del polvo sobre los materiales son cotidiano, y los efectos de ensuciamiento, los más fáciles de percibir. Afecta edificios (exterior e interiormente), vestidos y materiales en general. El polvo y cenizas no sólo son responsables de depósitos que ennegrecen los inmuebles transportados por vientos y lluvia, sino que causan deterioro por impacto y acción mecánica (abrasión) contribuyendo a la degradación de superficies²⁶.

²⁵ INAIT. Impacto ambiental del parque automotor. – Lima, 1997.

²⁶ Vizcarra Andreu, M. Op. cit. p .64

Cuando el material particulado de la atmósfera está cargado de absorción ácida es peligroso para el hombre, animales, vegetación y materiales.

b. Humos

Son el resultado de la combustión incompleta de combustibles, como el carbón, aceite, gas, los bosques y basuras.

c. Polvos de sal

Se producen por la evaporación del rocío del mar; sus principales componentes son el cloruro de sodio y de magnesio, que son los causantes de las corrosiones en los metales²⁷.

d. Plomo (Pb)

El plomo es un metal denso de color gris azulado, conocido aproximadamente hace 5 000 años. El plomo que contamina el aire proviene habitualmente de los humos industriales, fundiciones, refinerías de metales no ferrosos, fábricas de acumuladores, incineración de desechos y/o del escape de automotores.

2.2.2. Gases y vapores contaminantes

a. Bióxido o dióxido de azufre (SO₂)

Llamado también anhídrido sulfuroso o gas sulfuroso. Resulta de la reacción del azufre elemental o de los materiales que lo componen, con el oxígeno.

²⁷ Pascoe, M. W. *Impact of environmental pollution on the preservation of archives and record*. París: UNESCO, 1988. p.5

Proveniente de las actividades humanas está vinculado principalmente con la combustión de materiales energéticos, como carbono de diversas calidades y aceites minerales²⁸. Otras fuentes específicas son las industrias minero - metalúrgica, plantas de ácido sulfúrico y diversas industrias químicas.

b. Monóxido de carbono (CO)

Es un contaminante en forma de gas muy estable, inodoro, insípido, poco saludable; no es irritante, pero sí muy tóxico para el hombre y los animales superiores.

María Gastanaga señala que existen diversas fuentes de este contaminante en la tierra que son de origen natural. Se desprenden de los volcanes, de las combustiones espontáneas, del metabolismo de seres inferiores, etc. Su procedencia antropogénica más común es el cigarrillo, y la más abundante son los gases de escape de los automotores, símbolo del urbanismo²⁹. La industria contribuye a la contaminación por monóxido, sólo cuando las fuentes de combustión fabril presentan desperfectos, mucho uso o mal reglaje de los sistemas y sus procesos.

c. Bióxido de carbono (CO₂)

Es un constituyente normal entre los gases de la atmósfera. A pesar de esto se justifica estudiarlo como contaminante cuando sus concentraciones exceden el 0,03% (300 ppm) aceptados como límite habitual³⁰. El origen antropógeno del bióxido de carbono lo encontramos inevitablemente en cualquier combustión. El

²⁸ Gastanaga Ruiz, María. *Efectos en la salud por la contaminación del parque automotor*. Lima, 1994. p.4

²⁹ Gastañaga Ruiz, María. Op. cit. p.5

bióxido es un extenso subproducto de muchos procesos químicos y de fermentación.

d. Óxido de nitrógeno (NOx)

Existen siete tipos de óxidos presentes en el aire. Sin embargo de esa variedad sólo dos tienen significados como contaminantes de la atmósfera estos son: el óxido nítrico (NO) y el dióxido nitroso (NO₂), la mezcla de ambos se denomina NO_x. En un principio se hallan en la biósfera como resultado de fenómenos naturales como tormentas y emanaciones volcánicas. En relación con las fuentes antropogénicas, provienen principalmente de combustiones de alta temperatura, tanto de fuentes estacionarias y de la industria química, como de motores de combustión interna o fuentes móviles, lo que trae como consecuencia, la formación de esmog en las grandes ciudades.

e. Ozono

Es una especie reactiva de oxígeno. En la capa estratósfera actúa como filtro de las radiaciones ultravioletas, previniendo el ingreso de los rayos más peligrosos para el medio ambiente y el hombre; pero en la troposfera los altos niveles representan un riesgo para la salud, la vegetación y los materiales. Los valores del ozono son mayores fuera de la ciudad porque se forma después de una reacción fotoquímica.

³⁰Vizcarra Andreu, M. La admosfera contaminada y sus relaciones con el público. Lima, 1982 pp. 88-90

f. El amoniaco (NH₃)

Es un compuesto nitrogenado, gaseoso bajo condiciones normales de presión y temperatura. Se forma de las descomposiciones orgánicas. Su presencia en la atmósfera en cantidades considerables se debe a los escapes descontrolados de las industrias de harina de pescado, degradación de la basura y materiales orgánicos en general.

g. Hidrocarburos no combustionados (HC)

Grupo extenso de la familia química formado por compuestos de H y C, en combinaciones variadas, que incluyen también átomos de O, N y halógenos. Los HC presentes en la atmósfera urbana provienen de fuentes móviles y estacionarias, circunscribiéndose los móviles a los medios de transporte. Las estacionarias abarcan refinerías de petróleo, distribución y mercadeo de gasolina, manufacturas químicas y de plásticos, instalaciones de incineración, quema de petróleo, procesado de alimentos, fabricación de pinturas y colorantes, y uso de solventes.

Los HC son relativamente inertes, pero tienen un rol de extrema importancia en las reacciones fotoquímicas, como precursores de los oxidantes que constituyen una variedad de esmog.

2.2.3. Contaminantes de actividades

Según Pascoe: los contaminantes que se encuentran en las bibliotecas y archivos son producidos por el aire acondicionado, la fumigación y los biocidas, los materiales de limpieza y las fotocopiadoras³¹

³¹ Pascoe, M. W. . Op. cit. pp.5-8

a. Aire acondicionado

Los sistemas de aire acondicionado utilizan sustancias químicas como el ozono, que es muy peligroso para los documentos, también usan aguas en el sistema de humidificación, las cuales deben ser liberadas de las sales minerales para evitar el crecimiento fungino y bacteriano.

b. Fumigación y biocidas

La fumigación de documentos emplea, en algunos casos, gases tóxicos que contienen azufre y otros componentes oxidantes que dejan residuos que afectan a los documentos y los metales, lo cual produce su descomposición y la corrosión.

c. Materiales de limpieza

Los materiales y procesos que se usan para la limpieza y la volatilización de los solventes de pinturas contribuyen a la contaminación interna porque son productos derivados del petróleo.

d. Fotocopiado

Las máquinas fotocopadoras emplean sustancias químicas como las sulfurosas en el proceso de la fijación, también volatilizan solventes y liberan una considerable cantidad de vapores de ozono que incrementa la contaminación interna.

2.3. La contaminación ambiental en Lima Metropolitana

La topografía de la gran Lima, combinada con las condiciones meteorológicas de la zona, favorece la contaminación de su atmósfera. La dispersión horizontal de los contaminantes se ve dificultado por las estribaciones de la cordillera que prácticamente la encierran. Meteorológicamente, Lima y balnearios se caracterizan por tener, la mayor parte del año, un techo determinado por el nivel de inversión térmica que en el verano se sitúa a 300 m o menos y en el invierno fluctúa entre los 400 y 800 m. Este fenómeno es más frecuente en el invierno y favorece el estacionamiento de la niebla procedente del mar, por lo que prevalecen niveles altos de humedad relativa. En primavera y verano se han reportado vientos que en promedio, son de 4 a 8 nudos por hora y generalmente de orientación 180° sur-norte, por lo cual arrastran polvo fino proveniente de la zona desértica de Lurín³².

La escasez de lluvia es un factor que favorece la permanencia de partículas muy finas de polvo en la atmósfera. En décadas pasadas se registraba un promedio de 6,48 mm en los meses de agosto, que es el mes lluvioso.

Así, Lima aparece como un gran recipiente cubierto, dentro del cual se mezcla, activamente, gases de origen vehicular, elementos indeseables provenientes de la acumulación de basura, las emanaciones industriales, etc. todo lo cual configura condiciones de severa contaminación a la que está expuesta la población del área metropolitana, estimada en un aproximado de 7 millones de habitantes.

³² Ecología y desarrollo sustentable Op. cit. pp. 73-74

Según un estudio del SENAMHI, los distritos con mayor contaminación son el Rímac, Carabaylo y Comas; mientras que otros distritos, como San Isidro y La Molina son los más oxigenados por la presencia de extensas áreas verdes, que lo ayudan a contrarrestar el problema. La mayor contaminación atmosférica de sólidos sedimentables se encuentra en el distrito del Rímac, donde en cada kilómetro cuadrado flotan un promedio de 21,28 toneladas de polvo y partículas contaminantes. Entre los contaminantes sólidos, hay polvo atmosférico y partículas superiores a las 10 micras que están al vaivén de los vientos, y en forma laminar se precipitan en condiciones microclimáticas y topográficas.³³

2.3.1. Fuentes de contaminación en Lima

Las fuentes de contaminación en Lima Metropolitana, según Manuel Vizcarra son: el parque automotor, las industrias y los hábitos de la población.³⁴

a. Parque automotor

El vehículo automotor es reconocido como uno de los mayores contribuyentes a la contaminación de la atmósfera de las ciudades que han alcanzado cierto grado de desarrollo. Hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno son los principales constituyentes de los gases de escape de los motores. Éstos superan ampliamente, en concentración y volumen, la producción de los mismos por actividades industriales. El 65 % de la contaminación que se produce en Lima proviene del parque automotor, pues en sus calles transitan alrededor de 80 mil vehículos en mal estado³⁵. Otros

³³ *Comportamiento del clima en la costa*: En Boletín climático: SENAMHI, ago. 1997. pp.9-15

³⁴ Vizcarra Andreu, M. *Atmósfera en peligro: el proyecto Perú aire limpio*. Lima, 1995. pp. 25-35

³⁵ *Ecología y desarrollo sustentable*. Op. cit. pp.73-74

factores que contribuyen a la contaminación atmosférica de Lima Metropolitana, ocasionados por los vehículos motorizados, son los siguientes:

- Aumento explosivo del número de vehículos, porque se permite la importación de vehículos usados.
- Elevada proporción de vehículos en circulación, con motores muy desgastados y/o mal regulados porque no existen revisiones técnicas.
- Calles estrechas y edificaciones altas especialmente en la llamada Lima cuadrada.
- Poca fluidez del tránsito vehicular, como consecuencia de una deficiente planificación.
- Presencia de informalidad en el transporte público.
- La existencia de 690 000 vehículos en Lima y Callao con un promedio de 18 años de antigüedad.³⁶

El no mantener a los automóviles y vehículos de transporte público en buen estado produce el desgaste de sus piezas, lo cual pone en riesgo a todo el ecosistema, hecho que provoca la producción de gases y partículas que atentan directamente contra la salud humana y la destrucción de materiales.

b. Las industrias

La contaminación producida por la industria tiene la característica de incidir localmente debido, en gran parte, a que son de poca magnitud y están generalmente aisladas unas de las otras. Las industrias con gruesas y altas chimeneas expulsan columnas interminables de vapores de todo espesor y color, y sus desgastadas máquinas no sólo expulsan monóxido de carbono sino que

³⁶ SENATI. *Control de gases contaminantes de vehículos motorizados*. Lima. 2000. p.9

dependiendo del carácter de la fábrica producen otros gases y partículas que van envenenando la atmósfera y quebrantan así las normas de seguridad ambiental. Para evitar la contaminación, las industrias tendrían que instalar filtros que retengan las sustancias nocivas, tanto por los gases que expelen como por las aguas que sueltan.

c. Residuos sólidos

El incremento de la generación de residuos es un factor decisivo en el deterioro del medio ambiente y esto se debe a³⁷:

- Acelerado crecimiento demográfico con una alta concentración urbana.
- Uso de bienes de materiales de rápido envejecimiento.
- Utilización de envases no retornables hechos con materiales no degradables.

En el Perú, Lima es la mayor productora de basura con un 79,9 % del total producido en las principales 19 ciudades donde se concentra casi la mitad de la población nacional. En Lima Metropolitana, diariamente se produce 3 mil toneladas de basura y se recolecta aproximadamente el 65%, sin embargo, sólo el 30% llega a los dos rellenos sanitarios oficiales que existe; el resto, es decir, el 70% se deja regado por las calles, las áreas de esparcimiento, las riberas de los ríos y botaderos informales³⁸.

El ineficiente sistema de recolección de basura con el que se cuenta en Lima, al margen de las pocas garantías higiénicas que ofrece, se sustenta en un escaso número de unidades de recojo con espaciadas frecuencias.

³⁷ Ecología y desarrollo sustentable. Op. cit. pp. 130-131

³⁸ "Lima: ciudad contaminada". *El Peruano*. Lima, 14-03-97 pp.A6-A7

2.4. Agentes contaminantes de deterioro en materiales de bibliotecas y archivos

Los agentes contaminantes contribuyen fuertemente al deterioro de las colecciones de bibliotecas y archivos. Uno de los mayores problemas en la actualidad es la gran cantidad de contaminantes en el aire, cuya acción dañina se percibe en la rápida destrucción de los bienes culturales, ya sean de papel, piedra o metal, aunque los más porosos presentan mayor vulnerabilidad (Ver Anexo N° 6).

Los dos principales tipos de contaminantes son los gases y partículas. Los gases catalizan reacciones químicas nocivas, que conducen a la formación de ácido en las colecciones, esto constituye un problema para el papel y el cuero que es vulnerable al daño causados por los ácidos: el papel se decolora y se rompen o desmenuzan con facilidad, y el cuero se vuelve débil y quebradizo. Las partículas desgastan, manchan y desfiguran las colecciones.

Entre los contaminantes de gases y partículas tenemos:

a. Dióxido de azufre

Este compuesto es nocivo para muchos materiales de bibliotecas, archivos y museos. Se produce por la quema de combustibles fósiles empleados en los hornos industriales y en los carros; al combinarse con el oxígeno se transforma en trióxido de azufre que al combinarse con el agua, ya sea de la humedad ambiental o del papel, forma el ácido sulfúrico que promueve la hidrólisis de la celulosa. Este ácido también ocasiona manchas, escurrimiento y la pérdida de resistencia del papel.

b. Óxidos de nitrógeno

Proviene de los escapes de los automóviles, de lo cual se origina el ácido nítrico, lo que hace que no penetre en superficies secas y que, por tanto, produzca menos daño que el ácido sulfúrico. Los daños producidos se manifiestan en la pérdida de resistencia de la fibra y en la decoloración de los pigmentos³⁹

c. Ozono

Es un poderoso agente oxidante, actúa sobre los materiales orgánicos, en los que ocasiona el rompimiento entre los átomos de carbono. Su efecto sobre materiales como la celulosa se debe a su conversión parcial a peróxido de hidrógeno, producida por su reacción con el agua.

d. Polvo

Contiene partículas constituidas por sustancias químicas, cristalinas e irregulares, tales como la tierra, arena, hollín y una gran diversidad de microorganismos, así como residuos ácidos y gaseosos provenientes de la combustión en general y de las actividades industriales. Las pequeñas partículas minerales poseen acción cortante y abrasiva. La adherencia del polvo, parece superficial pero se fija a los interiores de las fibras que son absorbidas por medio de enlaces químicos.

³⁹García Fernández, Isabel. *La conservación preventiva y la exposición de objetos y obras de arte*. Madrid, 1996, p. 246

Otro aspecto importante es la capacidad hidrosférica del polvo, ya que en condiciones de elevada humedad relativa provoca la absorción del agua y de los contaminantes bajo la forma de ácidos. En el caso de los componentes químicos del polvo, los cuales poseen actividades catalíticas, éstos pueden actuar como agentes activos para la conservación química de los contaminantes del aire, de lo que resultan sustancias químicas que favorecen la degradación de la celulosa. Los microorganismos y sus esporas, presentes en el polvo, también se adhieren a los materiales orgánicos si encuentran condiciones adecuadas para su desarrollo, se proliferan y causan alteraciones químicas y degradación⁴⁰.

e. Materiales inestables

Algunos productos que son utilizados sobre el papel pueden reducir su durabilidad, de la misma manera que las tintas ácidas de los compuestos metálicos oxidantes: así las grapas y los clips metálicos pueden causar efectos corrosivos. Los microbicidas e insecticidas en polvo, líquido o gas, también pueden causar efectos extremadamente negativos, dependiendo de su composición química.

Asimismo otros materiales en contacto con los documentos, tales como forros, cubiertas de papel y cartón, con residuos de lignina, azufre, acidez y adhesivos inestables, por sus componentes y por su debilitamiento en el papel, se constituyen en agentes degradantes o destructivos.

⁴⁰ Beck, Ingrid. Op. cit. pp.40-41.

f. Partículas sólidas

Engloba una gran cantidad de tipos de contaminantes que van a ser dañinos para colecciones. Las partículas producidas externamente proceden fundamentalmente de la combustión de carburantes para la industria, vehículos y calefacción. Éstos son generalmente ácidos, ya que han absorbido dióxido de azufre y a menudo contienen restos de metales tales como el hierro, que actúa como catalizados en las reacciones de degradación.