

Todos los artículos publicados en esta sección de La Unión de Morelos han sido revisados y aprobados por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos, A.C., cuyos integrantes son: Dr. Enrique Galindo Fentanes (Coordinador), Dr. Edmundo Calva, Dr. Hernán Larralde, Dr. Sergio Cuevas y Dr. Gabriel Iturriaga
 ¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTACTANOS: edacmor@ibt.unam.mx

Efectos de la contaminación en el patrimonio histórico

Jorge Uruchurtu Chavarín
 Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CIICAp),
 UAEM
 Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos

Carmina Menchaca Campos
 Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CIICAp),
 UAEM

La contaminación es casi tan antigua como el hombre, siendo resultado de sus actividades económicas y sociales. El problema es particularmente importante en relación al deterioro de materiales de construcción y de edificios del patrimonio histórico, arqueológico y cultural; en especial la piedra natural expuesta a la intemperie que se ve afectada por los contaminantes presentes en la atmósfera. La contaminación tiene un efecto directo o indirecto en los materiales reduciendo su vida activa, dañándolos y desfigurándolos, ennegreciendo sus superficies y dándoles una apariencia desagradable. Esto es especialmente importante en los edificios y objetos de interés histórico-arquitectónico ya que esto degrada o destruye la herencia cultural y el sentido de continuidad de los pueblos y ciudades.

De forma general, el impacto debido a la lluvia ácida en estructuras se divide en tres partes: a) impacto en materiales naturales como calizas y areniscas; b) en materiales hechos por el hombre como son los metales y c) el impacto en monumentos históricos y sitios arqueológicos. El deterioro puede ocurrir debido a la disolución y/o fractura de la piedra. Las piedras calizas y areniscas contienen carbonatos que reaccionan con el ácido sulfúrico del agua de lluvia y las disuelven. Los metales son corroídos por las sustancias agresivas presentes en la atmósfera y en el agua de lluvia.

De Oxford a Atenas, muchas antigüedades, edificios, pinturas y estatuas han sido destruidas por la contaminación atmosférica. Es emblemático el caso del obelisco de Cleopatra, con una antigüedad de 3000 años y que cuando fue transportado de Alejandría a



Esculturas degradadas por el agua y la corrosión química.

Londres en 1878, sufrió un mayor deterioro expuesto a la atmósfera londinense, que el sufrido previamente en Egipto.

Desde siempre la atmósfera ha contenido una cierta cantidad de con-

taminantes provenientes de fuentes naturales. Estas fuentes están constituidas principalmente por partículas de tierra en suspensión, sales, bacterias, semillas y esporas, actividad volcánica, etc.. En las ciudades y zonas industriales, el hombre gene-

ra una gran cantidad y diversidad de contaminantes debido a la actividad industrial, el transporte y los servicios; siendo la contaminación de dos tipos: partículas y gases. Aún en atmósferas puras, los materiales pueden verse afectados por la humedad,

la lluvia o las heladas. La piedra o el concreto pueden que-brarse al absorber agua.

La contaminación atmosférica puede dañar los materiales por cinco mecanismos, que son: erosión, depósito y remoción, ataque químico directo, ataque químico indirecto y corrosión electroquímica.

Ningún material resiste indefinidamente la acción de los agentes atmosféricos como humedad, temperatura, lluvia, luz solar y el viento. Sin embargo, en la actualidad la contaminación atmosférica es el factor más importante del deterioro o envejecimiento prematuro de los materiales de construcción. Los contaminantes principales en el proceso de deterioro son los gases como el bióxido de carbono y los compuestos ácidos del azufre y los productos sólidos de la combustión como el hollín.

Los efectos de la contaminación atmosférica relacionados con el envejecimiento de los materiales de construcción dependen en gran medida del contenido de carbonatos. La piedra caliza y los mármoles consisten esencialmente de carbonato de calcio el cual reacciona con el bióxido de azufre para formar sulfato de calcio. Las calizas de magnesio reaccionan con el bióxido de azufre formando sulfato de calcio y sulfato de magnesio, los cuales son solubles en agua.

El carbonato de calcio es poco soluble en agua pura, pero en presencia del bióxido de carbono disuelto en agua de lluvia, su solubilidad aumenta dando como resultado la remoción de material calcáreo. Debido a que esta solución es inestable, al evaporarse el agua el carbonato de calcio removido y disuelto en agua de lluvia, se deposita en otra parte de la superficie de los edificios de piedra caliza y/o mármoles.

Las superficies de mármol y piedra caliza, expuestas libremente a la intemperie, son erosionadas por la lluvia aún en atmósferas libres de contaminantes. En atmósferas contaminadas, la erosión es más pronunciada en las superficies lavadas por la lluvia. Esto no es de gran importancia a menos que se trate de esculturas o bajo-relieves. La erosión continua previene que el hollín se adhiera a la superficie expuesta y ésta se mantiene razonablemente limpia. Las superficies cubiertas o a la sombra, acumulan hollín que forma un recubrimiento que contrasta con las superficies limpias expuestas a la intemperie. Cualquier escurrimiento produce zonas de limpieza que con-



Erosión (por disgregación) de una arenisca.

ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.



trastan con el resto de la superficie oscura, además de formar depósitos debajo de cornisas y relieves. Estos depósitos, consistentes de material de carbón y sulfato o carbonato de calcio pueden alcanzar grandes proporciones.

Las piedras areniscas y el granito, no siendo solubles en agua, tienden a ennegrecerse sobre toda la superficie en atmósferas contaminadas por humos. Esto hace que las superficies expuestas a la intemperie y las zonas más cubiertas no muestren mucho contraste en su apariencia como las superficies de piedras calizas. Los depósitos acumulados se unen con materia silíceo presente en los materiales formando compuestos poco solubles que son difíciles de remover. Sin embargo, el poco silicio presente en solución parece actuar como cemento en los productos sólidos de la combustión como el hollín, al adherirse éstos a la superficie. Los efectos dañinos del bióxido de azufre en la piedra se manifiestan en forma de escamas o costras, o de desintegración general de la superficie. La reacción química entre el bióxido de azufre (o sulfato de amonio) en aire y lluvia y los carbonatos presen-

Fachada en la que se han perdido bloques completos, que ha habido que reponer con materiales similares.



en la piedra lleva a la formación de sulfato de calcio y sulfato de magnesio.

El bióxido de azufre incrementa la acidez del agua de lluvia y acentúa la erosión de las superficies expuestas a la intemperie. Además, induce la cristalización de los sulfatos formados, causando el envejecimiento

prematureo y deterioro de los materiales. La cristalización del sulfato de magnesio en los poros de la piedra causa desintegración por la acumulación de las sales. El sulfato de calcio, aunque menos soluble, produce efectos parecidos y, además, cuando se deposita en la superficie de la piedra, forma una capa dura

que se transforma en costras que eventualmente se desprenden de la superficie, dejándola suave y arenosa, permitiendo un continuo desmoronamiento.

Los mármoles, calizas y piedras areniscas calcáreas también están expuestos a los efectos del bióxido de azufre. Esto se debe a que de-

penden para su cohesión de la pequeña cantidad de carbonatos que sirven para cementar los granos de silicio. Aun los materiales inmunes al ataque directo del bióxido de azufre pueden dañarse si se utilizan en combinación con piedra caliza que absorba sulfatos, o agua de lluvia que acarree cierta cantidad de sulfato de calcio que se acumule en la superficie de la piedra, formando desagradables costras

Otro efecto importante es el llamado biodeterioro, que es el daño físico o químico efectuado por diferentes tipos de organismos en objetos, monumentos o edificios que pertenecen al patrimonio cultural. Dentro de los procesos de biodeterioro intervienen bacterias quimiolitotróficas, autótrofas y heterotróficas; hongos, algas, líquenes, musgos y plantas superiores. Entre las bacterias se pueden mencionar: las tiobacterias, las silicobacterias y las bacterias nitrificantes. Estas últimas son capaces de metabolizar y transformar los nitratos en nitritos, los sulfatos en sulfuros; produciéndose en presencia de agua: ácido nítrico y nitroso y sus sales de amonio, ácido sulfhídrico, etc. que afectan a los materiales.



Diplomado Pensamiento científico en el aula



ACADEMIA DE CIENCIAS
DE MORELOS, A.C.

Este Programa tiene como objetivo la **actualización y capacitación en Ciencias para los profesores de Secundaria y Preparatoria/Bachillerato del Estado de Morelos. Las sesiones son impartidas por científicos de primer nivel en los Institutos y Centros de Investigación de la UNAM Campus Morelos (Cuernavaca).**

Acreditación por parte de la Academia de Ciencias de Morelos y la Secretaría de Educación del Estado de Morelos, con valor escalafonario. Certificado por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (Nº ACM- 930330-RW2-0013).

Inicio del Diplomado: Septiembre de 2009

Más información: almadcaro@yahoo.com.mx

Tel: 3 11 08 88 y Cel: 777 15 57 221

Módulos

Se imparten en forma intercalada:

Biología, Física, Matemáticas, Química e Historia de las Ideas Científicas.

Plan de trabajo

- Semiescolarizado y sabatino.
- Horario de 9:00 a 13:00 horas - Secundaria.
10:00 a 14:00 horas - Preparatoria/Bachillerato.
- Se realizarán conferencias especializadas para docentes y conferencias de divulgación para todo público.
- Se llevarán a cabo proyectos de investigación por los profesores con participación de sus alumnos.

Las instalaciones están ubicadas dentro del Campus de la UAEM.

Secundaria-Auditorio del Instituto de Biotecnología, UNAM. De 9-13hrs.

Preparatoria/Bachillerato- Auditorio del Centro de Ciencias Genómicas, UNAM. De 10-14 hrs.