

ACTUACIÓN DE BIOCIDAS CLORADOS SOBRE ROCAS CALIZAS Y SUS DERIVADOS

María de la Gracia Ledezma Díaz
CNRPC INAH-CNCA



OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es confirmar el origen antinatural de los cloruros presentes en la Zona Arqueológica de Palenque, y al mismo tiempo plantear las interacciones de éstos con los materiales calcáreos que conforman las estructuras de esta zona.

ANTECEDENTE

En la Zona de Palenque se detectó la presencia de cloruros como afloramientos junto con otras sales solubles; la presencia de cloruro de calcio en escurrimientos viscosos que se acumulan en las partes bajas de estructuras y pilastras, y la presencia de hidróxido de calcio, en forma de pequeñas gotas translúcidas sobre los muros de las crujías del Palacio.

La ausencia de cloruros en los cuerpos de agua circundantes, en el agua de lluvia y en 24 muestras de suelo (solamente se encontraron en el Patio Oeste y en el Patio de los Esclavos), hizo pensar en un origen antinatural de éstos dentro de la zona.

Al revisar las intervenciones anteriores, se encontró que se han usado una gran cantidad de productos químicos orgánicos e inorgánicos como biocidas.

Bastantes de ellos son compuestos clorados, los cuales es un compuesto soluble que puede migrar del sitio en donde se forma antes de ser carbonatado y fijado nuevamente, produciéndose entonces una pérdida de material. Esta pérdida de material en las estructuras será proporcional a la cantidad de humedad en ellas y a la cantidad de cloruros presente.

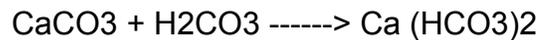
Puede ser que algunos compuestos organoclorados no sean de alta movilidad, pero una vez que son degradados por medios químicos o bioquímicos, los restos clorados o los iones cloruro, tienen mayor movilidad para migrar y para reaccionar con cationes formando cloruros solubles, los cuales afloran y cristalizan en la superficie. Si solamente fuera este el mecanismo del daño, el problema se reduciría a efectuar limpiezas constantes hasta la eliminación total de estas sales, siempre y cuando no se volvieran a aplicar compuestos halogenados. Pero considerando la presencia de calcio en fase soluble, y la consiguiente formación de cloruro de calcio, el daño es irreversible.

Con respecto a la formación del cloruro de calcio, se propone el siguiente mecanismo:

se ha establecido que se presenta un exudado de hidróxido de calcio en los muros, el cual reacciona con los iones cloruro:



si no se considera esta fase de hidróxido de calcio, y se recuerdo la teoría tradicional de que el carbonato de calcio es disuelto por el ácido carbónico para formar bicarbonato de calcio:

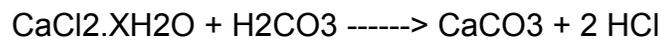


y siendo este bicarbonato un compuesto soluble, es susceptible de reaccionar con los cloruros:



El cloruro de calcio es un sólido blanco, muy soluble, además es sumamente higroscópico, ya que es capaz de absorber humedad ambiental para formar hexahidratos ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Estas seis moléculas de agua van polarizando a otras hasta rebasar su capacidad higroscópica, de tal manera que llega a licuarse, y entonces migrará por si mismo, formando escurrimientos.

Una vez que desciende la humedad ambiental y este compuesto se detiene en algún punto, es susceptible de carbonatarse, regenerando carbonato de calcio:



El ácido clorhídrico quedará neutralizado por los iones OH^- o por los iones

HCO_3^- :



de cualquier manera estos iones cloruro quedan presentes en el medio formando un ciclo, el cual sólo se romperá en el momento que dejen de aplicarse

compuestos clorados, y logren eliminarse los afloramientos mediante una limpieza sistemática y a largo plazo.

FASE EXPERIMENTAL

Se trataron de reproducir en el laboratorio las condiciones de actuación de los biocidas sobre el sustrato, para lo cual se colocaron muestras impregnadas de estos compuestos en cámaras de humectación durante un año. Al cabo de este tiempo fueron lavadas para recuperar solubles, filtradas y secadas durante 15 días para determinar la pérdida de material. En el filtrado se determinaron los iones calcio y magnesio.

Los biocidas utilizados fueron Diurón (Karmex) y Bromacil (Hyvar X), ya que:

- se tienen bastantes datos acerca de su utilización, de la concentración empleada y de la manera de preparar las mezclas (0.5% Diurón, 0.5% Bromacil, 0.5% canasol y 0.5% etanol en agua).
- se tiene a la mano el manual de la casa productora acerca de la actuación de estos productos y sus principales características.
- resultaron accesibles, ya que se encuentran entre el acervo de biocidas empleados con regularidad en la ENCRM.
- son menos tóxicos y más fáciles de manejar que el pentaclorofenol o los pentaclorofenatos, y se asegura en la literatura, que no producen reacciones alérgicas dérmicas.

Las muestras disponibles fueron:

muestras tipo de carbonato de calcio

calizas dolomíticas

calizas arcillosas

calizas aporcelanadas

estucos

pastas de resane

Los resultados obtenidos en cuanto a pérdida de material fueron:

muestra tipo de CaCO_3 - de 0.946 a 1.302 %

calizas arcillosas - de 0.048 a 0.366 %

calizas aporcelanadas - de 0.064 a 0.129 %

en calizas dolomíticas, la pérdida de material es mayor, ya que contienen calcita (CaCO_3) y dolomita ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), y es de 0.422 a 3.094 %

En los estucos la pérdida de material es muy variable, ya que depende de la cantidad de cal empleada en su elaboración y de la presencia de arcillas como carga o impurezas, y es de 0.384 a 0.975 %.

En las pastas de resane los resultados son también heterogéneos, ya que se trata de muestra reales con bastantes variaciones, y van de 0.008 a 1.376 %, la pérdida de material en la mayoría de los casos (excepto cuando hay presencia de arcillas), es igual a la cantidad de carbonato de calcio disuelto, el desarrollo de hongos y bacterias tanto en las cámaras de ataque como en las soluciones de biocidas, indican que estos compuestos presentan hipertroficación, es decir que tienen acción biocida contra un organismo específico, pero pueden actuar como nutrientes para otras especies

CONCLUSIONES

1. La adición de compuestos clorados a las rocas calizas es perjudicial, ya que se forman compuestos solubles de calcio, ocasionando una pérdida de material en las estructuras.
2. Cuando llueve, el agua se cuele en grandes cantidades al interior de los edificios, arrastrando a los cloruros hacia el suelo, ocasionando entonces la contaminación del ecosistema.
3. Es necesario establecer una evaluación de los beneficios que producen los biocidas (sobre todo los pentaclorofenatos), contra los daños que pueden causar.
4. En el caso de los biocidas que presentan hipertroficación, será necesario también comparar beneficios de eliminación de una especie contra el favorecer la proliferación de otras, aún cuando no se considerara la formación de sales solubles.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda suspender el uso de compuestos clorados, tanto orgánicos como inorgánicos, en las zonas arqueológicas constituidas por rocas calizas.
2. Se recomienda también suspender el uso de muchos otros biocidas, que aunque no son compuestos clorados, presentan un alto índice de toxicidad, como son entre otros, los compuestos de mercurio (Buffens).
3. Finalmente, se recomienda establecer contacto con instituciones o con Biólogos expertos en las especies que se desea eliminar, para ver si es posible encontrar algún sistema natural para su control, con el fin de detener el daño que se está haciendo a las estructuras, a los ecosistemas y al personal que de una u otra forma está en contacto con sustancias tóxicas.

BIBLIOGRAFÍA

LEDEZMA DÍAZ, M. G. Informe de la Primera Parte del Subproyecto Geoquímica, Macroproyecto Palenque: "Caracterización y comportamiento de materiales". ENCRM, MÉXICO, 1992.

CASTRO BARRERA, M. C. Y TAPIA GONZÁLEZ, M. I. "Palenque. Intervenciones anteriores en Conservación. Seguimiento y evaluación". Tesis Profesional, ENCRM, INAH-SEP, MÉXICO, 1993.

"Agroquímicos Hyvar X y Karmex". MANUAL DE ESPECIFICACIONES. DuPont, S.A. de C.V.; Méx., D.F.

MELLOR, J, W, "Química Inorgánica Moderna" El Ateneo; BUENOS AIRES, 1958.

FIESER, L. Y FIESER, M. "Química Orgánica". ED. ATLANTE; MÉXICO, 1948

OROZCO, F. "Análisis Químico Cuantitativo". ED. PORRÚA; MÉXICO, 1975.

SCHWARZENBACH, G. "Die komplexometrische titration". Manual Práctico del Laboratorio. Traducido y editado por Casa Merck, MÉXICO, 1975.

SHRINER, R.; FUSON, R. Y CURTIN, D. "Identificación sistemática de compuestos orgánicos". ED. LIMUSA; MÉXICO, 1966.

WILD, F. "Identificación de compuestos orgánicos". ED. GUSTAVO GILI; BARCELONA, 1951.

[REGRESAR AL INDICE](#)