

LA CONSERVACION ARQUITECTONICA: CONFLUENCIA DE VARIAS DISCIPLINAS CIENTÍFICAS

Jorge A. Cervantes Jáuregui, Dolores E. Álvarez Gasca², Ramón Zárraga Núñez, Veridiana Reyes Zamudio y Carmen Salazar Hernández.

¹ Departamento de Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, ²Departamento de Arquitectura, División de Arquitectura y Diseño. Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato. Guanajuato, Gto. México. jauregi@quijote.ugto.mx

2011, Año Internacional de la Química

Resumen

La conservación arquitectónica de monumentos históricos demanda del trabajo multidisciplinario en el que participen expertos de diversas áreas científicas y tecnológicas. Teniendo en cuenta que es un compromiso la preservación de la memoria histórica para las generaciones futuras, se presenta un panorama de cómo otras disciplinas contribuyen a este campo. En este trabajo, se hace referencia a los materiales comunes de construcción de monumentos de la ciudad de Guanajuato. Tomando en consideración esta información, generada de estudios geológicos y mineralógicos, se describen los mecanismos generales que deterioran las piedras monumentales. La acción del agua, los microorganismos y los agentes ambientales son los responsables del deterioro y se requieren algunas soluciones para conservar los materiales originales. La consolidación y el tratamiento hidrofugante, son soluciones comunes dentro de lo que se denomina la consolidación dinámica. Si la decisión es consolidar, se deben de cubrir una serie de requisitos que deben de ser científica y técnicamente discutidos y consensuados. Se describe de manera breve, la obtención y aplicación de consolidantes preparados en base a alcóxidos de silicio, exponiendo algunas de sus ventajas y sus desventajas.

Abstract

Architectural conservation of historic monuments requires multidisciplinary work with the participation of experts from many areas of science and technology. Having in mind that

the preservation of historical heritage for next generations is a compromise, in this review a brief overview concerning elements of material compositions of historic monuments of Guanajuato city are given. Based on this information, obtained from geological and mineralogical studies, general decay mechanisms are described. The action of water, microorganisms, environmental agents on the building stones are the responsible of stone deterioration and some solutions are necessary to conserve the original materials. Consolidation and hydrofugation are common solutions in dynamic conservation. However, several requirements must be fulfilled in order to follow with the consolidation process. The use and application of consolidants based on alkoxy silanes is briefly described, with comments regarding advantages and disadvantages in using these chemicals.

Introducción

Sin duda que la conservación del Patrimonio Cultural representado en los bienes inmuebles y en particular para efecto del tema a desarrollar, los monumentos históricos civiles y religiosos en los que se ha usado cantera para edificarlos, toma cada vez mas interés Además del genuino deseo de protegerlo para las generaciones futuras, es una vía para generar ingresos por la derrama económica que proviene del turismo nacional y extranjero que visitan los sitios históricos conservados.

Desde mediados de la década de 1980, se ha manifestado una mayor confluencia de disciplinas científicas que intervienen en la conservación arquitectónica. Su papel es esencial en el conocimiento de la naturaleza de los materiales, en el diagnóstico de las causas que los deterioran, y ayudan con ello, a prevenir daños mayores o en su caso, a remediarlos. De la experiencia compartida ya por algunos años entre grupos de investigación de los actuales Departamentos de Química e Ingeniería química y del Departamento de Arquitectura de la Universidad de Guanajuato (a los que ha unido el interés por desarrollar proyectos relacionados con la conservación de monumentos locales), se ha podido concluir, que si se desea afrontar el problema seriamente, será requisito indispensable recurrir al conocimiento proveniente de otras disciplinas siendo el

Como consecuencia de esa cada vez mayor participación de disciplinas en este campo, en una obra publicada por el Instituto Getty de Conservación, relativo al deterioro de piedra monumental, se afirma que "...Uno de los problemas en la discusión sobre el deterioro de piedra es el de buscar un lenguaje común. En el idioma inglés por ejemplo, hay buena cantidad de términos que pueden significar cosas diferentes a distintas gentes..." (Pierce, 1996. p.1)

Desarrollo

Basándonos en que la historia y los estilos arquitectónicos en buena medida marcan la pauta en la conservación de la memoria histórica, tomemos el caso de las etapas constructivas de La Basílica Colegiata de Nuestra Señora de Guanajuato, monumento que es su conjunto, se considera el más representativo de nuestra Ciudad de Guanajuato. En la descripción, se hace énfasis especial, a La Torre del Reloj, ya que ha sido motivo de varios estudios por los grupos de investigación de los Departamentos arriba citados.(Alvarez-Gasca, 2004).

Primera etapa: 1671-1696

Se construyó el edificio propiamente dicho, la torre grande (hacia el norte) y las 3 portadas (principal y dos laterales).

Estilo empleado: Barroco, modalidad sobria. Sin embargo según algunos expertos, las portadas son manieristas.

Segunda etapa: Siglo XVIII. En la Nueva España se realizaba la modalidad estilística del barroco exuberante o estípito o churrigueresco, sin que este último tuviera amplia popularidad entre los historiadores del arte.

Se construyó el camarín de la Virgen, que luego se convertiría en el Bautisterio (1728 y1732).

A partir de 1776, se construyeron la sacristía y la torre del reloj (hacia el sur). Su realizador el Arquitecto Felipe de Ureña, célebre por realizaciones Churriguerescas y uno de los mejores constructores novohispanos de su época.

Etapas constructivas posteriores: Neoclásica (atrio), ecléctica (capilla Neogótica de Nuestra Señora de Lourdes).

Etapa reciente: Casa cural con la notaria parroquial.

Se concluye que las etapas son estilísticamente distintas, muy bien integradas y presentando el Edificio una gran unidad.

Como puede inferirse, hay sido varias las modificaciones que ha sufrido el monumento en su historia. El monumento construido en cantería rosa, tal y como se le conoce en el medio local y nacional, fue el material preferido en la época colonial y de el encontramos excelentes ejemplos distribuidos en el altiplano mexicano. Pero, ¿qué se puede decir de ese material? La respuesta no es nada simple como se verá.

En primer término, como preámbulo a la respuesta, nuevamente surge Pierce:

“...Si vamos a hacer algo para reducir o prevenir la pérdida de nuestra Herencia Patrimonial, primero debemos ser capaces de caracterizar los diferentes tipos de piedras involucrados. Debemos ser capaces de describir el deterioro, así como de medir su grado de severidad y extensión. Por tanto, requerimos de conocer y entender las causas y mecanismos del deterioro. Solamente entonces, podremos comprender el comportamiento de cualquier piedra en lo particular en un ambiente determinado...”

(Pierce, 1996. p.15).

El diagnóstico para conocer las causas del deterioro.

Sin duda que el trabajo de conservación, debe de ir apoyado de un diagnóstico del estado del material pétreo que constituye al monumento. Se considera que las etapas que incluye el diagnóstico, se pueden dividir en tres grupos: Investigación de campo (que incluirá un levantamiento de deterioros visibles, la obtención de determinadas mediciones en campo y de ser posible el muestreo).

Posteriormente, una segunda etapa dedicada al análisis de laboratorio, a partir del cual pueden obtenerse datos de propiedades físicas, químicas y mecánicas del material. Aquí entonces ya se diversifica el análisis pues implica la participación de laboratorios de

distinto tipo y especialidad. Finalmente una etapa deseable, lo es la realización de pruebas de simulación de intemperismo, donde el material es sometido a condiciones extremas, que puedan simular los efectos que sobre el ocurrirán en muchos años, en una prueba realizada en pocas horas o días (Fitzner, 2002).

La finalidad de la conservación arquitectónica, es preservar la memoria histórica representada en los materiales de construcción originales y por ello, reemplazar piezas de un edificio histórico, puede considerarse la última opción.

Acompañarán al procedimiento de intervención de igual manera varias etapas: control del crecimiento de microorganismos, rejunteo de piezas, limpieza de la superficie, remoción de sales solubles, si es el caso consolidación del material usando productos químicos específicos y que han sido probados en el laboratorio y finalmente el tratamiento de recubrimiento con productos repelentes al agua (Ashurst, 1995, p.3)

Se verá que aportan distintas disciplinas a favor de la conservación del material.

La cantera rosa de Guanajuato

Se ha hecho referencia la piedra de cantera o cantería rosa (cantería será el término usado para la cantera labrada). La geología aporta su parte para la respuesta: La piedra de cantera también es denominada comúnmente como toba riolítica o simplemente riolita, sin embargo, de acuerdo a sus características petrográficas, el término más preciso corresponde al de una ignimbrita y mejor aún al de una **ignimbrita riolítica**, cuerpo rocoso constituido principalmente por material de origen piroclástico (fragmentos incandescentes) provenientes de una erupción volcánica muy violenta. El material es expulsado hasta lugares relativamente lejanos a través del aire y posteriormente se deposita en tierra firme, consolidándose con formas y estructuras muy heterogéneas (Universidad Michoacana, 1999).

La información anterior, se complementará con el conocimiento de las fases mineralógicas que constituyen al material, el que suele ser sumamente complejo y variar en su composición de un material a otro en el mismo monumento. En primera instancia, se espera, que el resultado del análisis químico, se complemente con los estudios

mineralógicos y den luz para tener una mejor idea de cómo se va armando este “rompecabezas” natural. En la composición usual de las piedras de cantera provenientes de los yacimientos o de las canterías, suele presentar como componente mayoritario el óxido de silicio en su fase mineralógica cuarzo o en alguna otra de sus formas cristalinas. Le acompañan porcentajes variables de feldespatos sódicos y potásicos, y en cantidades a veces poco apreciables pero definitivamente importantes por los efectos que causan en el deterioro, arcillas y otros minerales adicionales. Estas arcillas podrán ser materiales “accesorios” a la misma génesis de la piedra, o bien resultado de la descomposición de los feldespatos, proceso complejo conocido como “caolinización”. Como fases mineralógicas adicionales, puede estar presente la piedra caliza, óxidos de hierro, que también van a influenciar el comportamiento del material ante los agentes de deterioro. De acuerdo con la diversa composición mineral que pueden tener los materiales de construcción de los monumentos históricos, algunos son más porosos y menos resistentes que otros y debido a ello, el agua, considerada el principal agente de deterioro, podrá tener un mayor acceso a su interior. En la naturaleza hay materiales más blandos (mayor porcentaje de feldespatos), y por ello, son preferidos por quien labra la piedra. Sin embargo, su deterioro será más rápido. Además del agua, otros agentes de deterioro son el aire, los gases contaminantes y hasta los tratamientos o intervenciones inadecuadas y el mismo contacto humano.

La acción de distintos agentes sobre los componentes de la piedra, conducen a su deterioro y de ahí a toda la problemática que implica su conservación (Pulido, 2005). (Figura 2). Los mecanismos de deterioro de los materiales pétreos, deben identificarse como elemento importantísimo en la conservación, lo que suele ser complejo.

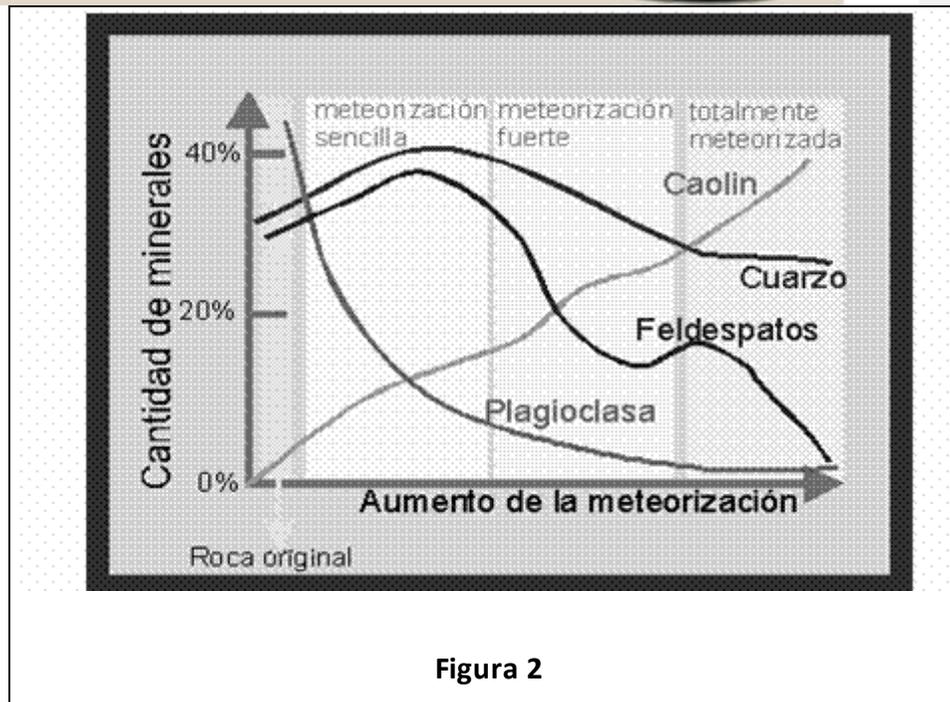


Figura 2

Acción de microorganismos

Una de las etapas que se realizan en el terreno de la práctica de la intervención física de los materiales constituyentes de los edificios, es el llamado "control de microorganismos", ya que estos suelen causar daños importantes. A la participación de microorganismos (hongos, bacterias, algas, líquenes) en el deterioro de las piedras monumentales, se le llama Biodeterioro. Este campo estudia cómo los materiales pétreos son colonizados por grupos de microorganismos vivos. Relacionado con lo anterior, a la aptitud de un material para ser colonizado por uno o varios grupos de organismos vivos se le llama bioreceptividad (Warscheid, 2000, p. 343-368).

La colonización microbiana depende de factores medio ambientales tales como la disponibilidad de agua, pH, exposición climática, fuentes de nutrientes y de parámetros petrológicos tales como la composición mineral, el tipo de cementante así como su porosidad y permeabilidad.

Los microorganismos pioneros que se desarrollan en el interior o en la superficie mineral son de distintos tipos y "fertilizarán" de distinta manera para dar lugar a una sucesión

biológica. Algunos depositarán pequeñas cantidades de materia orgánica. El desarrollo y muerte de microorganismos acumulará en otros casos, compuestos de amonio y fosfatos. En el proceso, interviene la energía solar y desde luego la química involucrada en procesos inherentes a la naturaleza de los microorganismos.

Algunos microorganismos crecerán solo en la superficie (epilíticos), otros se protegerán en fisuras o grietas cerca de la superficie (cosmolíticos) y otros de plano dentro de la estructura del material pétreo (endolíticos). Mucho dependerá de las condiciones del medio ambiental para el desarrollo más propicio de unos u otros (Winkler, 1994).

Existen microorganismos que disuelven rocas de cuarzo y silicatos, que son los constituyentes principales de los materiales de construcción de edificios históricos de la ciudad de Guanajuato. Por ejemplo, se han documentado casos de ciertas algas, hongos y cianobacterias epilíticas. Por otro lado, algunos microorganismos, producen una biopelícula superficial protectora que disminuye la transferencia química de otros agentes de deterioro, por ejemplo sales, dentro de la piedra.

En el ámbito de la División de Ciencias Naturales y Exactas, hay estudios en proceso que realizan investigadores del cuerpo académico de química y tecnología de silicio, con investigadores del Departamento de Biología sobre este tema. En particular, las investigaciones se han dirigido a identificar las especies de microorganismos en canterías de varios puntos de la Basílica Colegiata de Nuestra Señora de Guanajuato. La identificación se ha realizado por métodos clásicos y de biología molecular. Una de los propósitos es la obtención de cepas puras de cada microorganismo identificado, a fin de que en estudios posteriores, se inoculen en materiales pétreos sanos, consolidados e hidrofugados y verificar la actividad metabólica (Reyes-Zamudio, 2006).

La consolidación. Un caso de conservación activa.

Para la conservación de los materiales pétreos existen dos tratamientos principales: la consolidación y el uso de hidrofugantes. Estos tratamientos, en los que se usan productos químicos líquidos, suelen ser complementarios ya que el objetivo de la consolidación, es la restitución de la resistencia que el material ha perdido por la acción de los agentes de

deterioro. El objetivo del tratamiento con hidrofugantes, es disminuir drásticamente el ingreso del agua (el principal agente de deterioro) al interior del material.

Con respecto a la consolidación, Pierce se ha manifestado de la siguiente manera: "...Cuando la piedra está severamente debilitada por el deterioro, alguna forma de consolidación puede ser requerida y necesaria para devolver o restaurar algo de su fuerza. Idealmente, uno puede esperar que sea posible hacer a la piedra tan resistente como lo era originalmente. De ésta manera pueda resistir un deterioro posterior. Pero aún la fuerza para resistir el embate del viento o hasta el vuelo de un pájaro puede ser suficiente para prolongar su supervivencia..." (Pierce, 1996.p.19).

Una escuela inglesa de conservación, establece que la consolidación será necesaria, cuando el grado de deterioro sea tal que ha sido convenientemente cuantificado, las causas bien identificadas y estas han sido entendidas adecuadamente. Así mismo, cuando no hay una manera práctica de mejorar la situación ambiental en la que se encuentra el material dañado. Al haber tomado la decisión de consolidar, será requisito indispensable, conocer bien el consolidante propuesto, sus propiedades, sus constituyentes, y así mismo, que se haya discutido entre expertos su aplicación, respaldada por pruebas de laboratorio. Una vez que se han registrado todas las etapas del tratamiento, dejar establecido los tiempos adecuados para llevar al cabo el mantenimiento. En referencia a la aplicación del consolidante, que ésta sea efectuada por personal capacitado y bajo las condiciones ambientales recomendadas (normalmente de baja humedad) (Ashurts, 1995, p. 87-90).

Soluciones químicas e ingenieriles

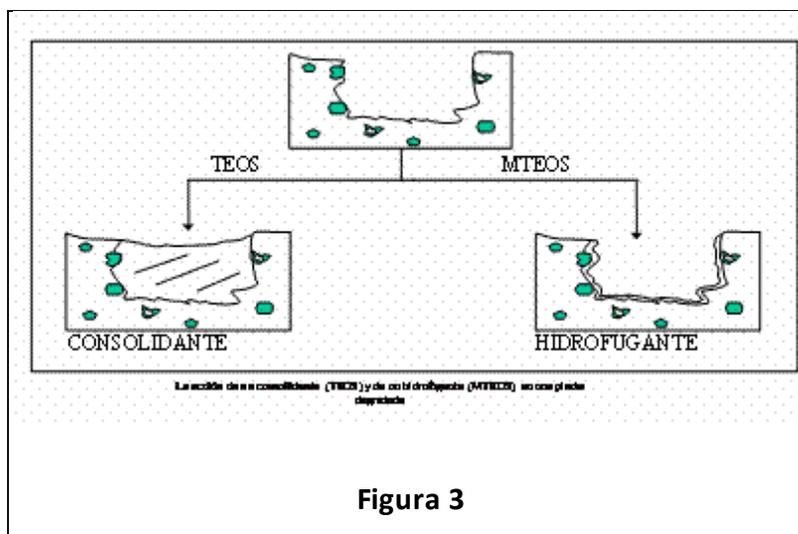
El enfoque del cuerpo académico de química y tecnología de silicio en este campo, se ha enfocado en la obtención y aplicación de una de las familias de compuestos de silicio, que por sus antecedentes y propiedades, ha parecido idónea para cubrir con los requerimientos que delimita la naturaleza de la piedra de cantera, y que tiene que ver con su composición basada en cuarzo y silicatos y que se pueden emplear como consolidantes. Los compuestos químicos, son los llamados alcóxidos de silicio

La piedra deteriorada se impregna por aspersion o brocheo con el consolidante líquido que se introduce en sus grietas. Por acción de la humedad ambiental, sufrirán un proceso de hidrólisis y condensación, dando lugar al proceso conocido como sol-gel en el que se deposita un gel de cierta rigidez. Este gel, tendrá la misión de consolidar al material pétreo y detener su deterioro.

El hidrofugante líquido se esparce en la superficie y se adhiere a ella formando un recubrimiento que impide el ingreso del agua pero da acceso al paso del vapor, permitiendo con ello que la piedra “transpire”.

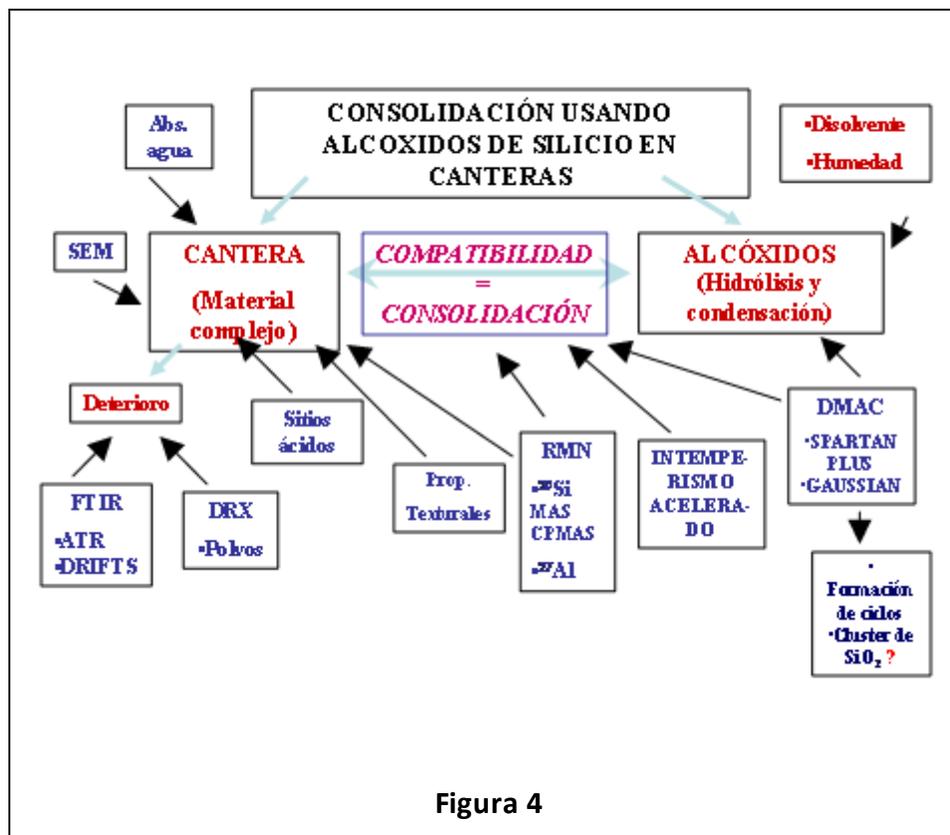
Los alcóxidos de silicio son obtenidos por reacciones de esterificación de compuestos clorados de silicio. Aquí interviene fuertemente la investigación en procesos químicos de la ingeniería química para su producción (Corona y col., 2002, p. 117).

La Figura 3, describe el efecto que se espera tanto de un consolidante como de un hidrofugante.



Desde el punto de vista de la aportación de la química y de sus distintas áreas a la conservación arquitectónica, la Figura 4 ilustra una gama de estudios que se pueden realizar a fin de satisfacer de mejor manera la identificación del deterioro así como la

evaluación del material luego que ha sido tratado con los productos químicos y en buena medida conocer sobre la efectividad del tratamiento.



En el diagrama aparecen distintas técnicas de la instrumentación química tales como la resonancia magnética nuclear en estado sólido entre algunas (Cervantes y col., 1999) hasta el modelaje molecular asistido por computadora y que en su conjunto aportan información sobre el estado de los materiales (Zárraga, 2006).

Debe hacerse mención también, que el tratamiento con alcóxidos de silicio, ha presentado en distinto momentos reportes contradictorios en la literatura, en los que en ciertos casos, los resultados no son los mejores. Esto conduce necesariamente a re-investigar y con ello a desarrollar productos mas adecuados que sean mas compatibles con la naturaleza del material y desechar como un buen criterio las soluciones “mágicas”.

Conclusiones

La investigación en la conservación de materiales pétreos en Guanajuato pretende fortalecer el enfoque multidisciplinario, tomando en cuenta los requerimientos propios de la naturaleza del tema.

Es necesario formar recursos humanos en este campo de la conservación que puedan participar en grupos multidisciplinarios e interdisciplinarios.

De manera permanente, se requiere revisar las estrategias de investigación, que permitan orientar de mejor manera las prácticas en la conservación de materiales pétreos.

Referencias

- Alvarez-Gasca, D.E. (2004). Ficha elaborada para proyecto de conservación de Torre de Reloj de La Basílica Colegiata de Nuestra Señora de Guanajuato.
- Ashurst, J., Ashurst, N. (1995), Practical Building Conservation, Vol. 1, Gower, England.
- Corona, E., Aguilera, A.F., Cervantes, J., Luna, F.J., Zavala, J.R., Zárraga, R., Carreón, C., Alvarez-Gasca, D.E., (2002) Alkoxysilane production at pilot plant level, Silicon for the Chemical Industry, VI, Tapir, Norway.
- Cervantes, J., Mendoza-Díaz, G., Alvarez-Gasca, D.E. y Martínez-Richa, A.(1999). Application of ²⁹Si and ²⁷Al MAS NMR to studies of the building materials of historical monuments. Solid State NMR, 13, 263-269
- Fitzner, B., Heinrichs, K., (2002), Damage diagnosis on stone monuments-weathering forms, damage categories and damage indices. Understanding and managing stone decay, Proceeding of the stone.conservation symposium.
- Pierce, C.A., (1996), Stone Decay. The Getty Conservation Institute, 1996. LA.
- Pulido, D. (2005), Análisis y ensayos demeteorización.www.geocites.com/pugoz/analisisensayos/exogenos.html
- Reyes Zamudio (2006). Evaluación a largo plazo de la consolidación de canterías empleando alcóxidos de silicio. Proyecto de Tesis doctoral en proceso. Universidad de Guanajuato.
- Warscheid, Th., Braams, J.,(2000), Biodeterioration of stone: a review., International Biodeterioration and Biodegradation, 46, 343-368.
- Winkler, E. (1994), Stone in Architecture. 3erd. Edn. New York: Springer.
- Zárraga, R. (2006). Sobre la formación de enlace siloxano en la consolidación de materiales pétreos empleando alcóxidos de silicio. Tesis doctoral. Universidad de Guanajuato.