

# ALTERACIONES SUPERFICIALES DESARROLLADAS EN ROCAS DE AMBIENTES URBANOS Y NATURALES

María Beatriz PONCE

INTEMIN-SEGEMAR. Email: Beatriz.ponce@segemar.gov.ar

## RESUMEN

En el presente trabajo, se investiga el desarrollo de costras y pátinas encontradas en algunas obras provenientes de sectores urbanos y otras de áreas naturales. En el primer caso se seleccionaron monumentos funerarios del cementerio de la Recoleta y el palacio del Congreso Nacional, en tanto que en el segundo el sector de Los Pizarrones en el Parque Nacional Talampaya. Para los estudios, se emplearon técnicas de microscopía óptica, difracción de rayos X y microscopía electrónica con análisis por microsonda. Los monumentos pertenecientes al ámbito de la Recoleta seleccionados para este trabajo, corresponden a Nicolás Avellaneda, Olivera de Pignetto y Luis María Campos. Las diferencias encontradas entre los monumentos radica en las condiciones de exposición (intemperie o resguardada) a las que contribuyen acciones biológicas, antropogénicas y de polución ambiental. De manera similar, el palacio del Congreso Nacional ubicado en el sector céntrico de la ciudad también revela que la caliza de sus fachadas, desarrolla costras como en los monumentos de Recoleta aunque con alguna variación de su composición mineral. La acción biológica se manifiesta en los contenidos encontrados de P, S y Si. El ejemplo de Los Pizarrones como área natural muestra el desarrollo de una pátina con importante acción biológica, pero sin la detección de elementos metálicos propios de zonas urbanas. De lo expuesto, se concluye que las alteraciones superficiales de las rocas obedecen a factores que dependen de su ubicación urbana o natural, de la acción biológica y la actividad antrópica en diferentes manifestaciones.

Palabras clave: *Alteración, rocas, patrimonio, ambientes.*

**ABSTRACT:** *Superficial alterations developed on rocks in urban and natural environments.* A geoscientific study was accomplished to evaluate suitability for urban developments in the carboniferous basin of the Turbio River. This research included the characterization of natural resources: soil, water and landscape; the evaluation of natural and anthropic hazardous areas and the loss of farming and green lands. The implied area is located in the SW end of the Province of Santa Cruz. It is part of the carboniferous basin of the River Turbio. The towns of Rio Turbio and 28 de Noviembre hold the most numerous populations. These two locations developed from mining and cattle breeding activities. Taking into account geological, geomorphological, biotic, geotechnical, hydrological and soil features, eight (8) Landscape Units were identified and, resultant from the information produced, a Map of Aptitude for the urbanization of the area was produced as a basic input for the urban development plan. The landscape units found to have better possibilities for urban expansion are two: Moraine with herbaceous steppe and glacial-fluvial plains with mixed steppe. The erosive glacier with forests and fluvial terraces have acceptable conditions for urbanization, while the valley borders, canyons and alluvio-colluvial slopes, polygenetic Tertiary hills and *mallines* (humid meadows) and Lowlands are, for several reasons, units inappropriate for urbanization.

Keywords: *Alteration, rocks, heritage, environments.*

## INTRODUCCIÓN

El uso creciente de las rocas como material de revestimiento tanto en edificios como en obras ornamentales impulsa los estudios destinados al análisis y comprensión de los procesos vinculados a la alterabilidad de los minerales que las forman. Una de las patologías más comunes es el desarrollo de costras y pátinas, las cuales se superponen en la superficie de la roca empleada. Esta forma de alteración se desarrolla

en determinados sectores, dependiendo de factores como morfología de la obra, tipo petrográfico de la roca utilizada y condiciones ambientales, entre otros.

Las obras estudiadas se refieren a monumentos funerarios sitios dentro del cementerio de la Recoleta y al palacio del Congreso Nacional ambos como ejemplo de ambientes urbanos; en tanto el lugar conocido como Los Pizarrones ubicado en el Parque Nacional Talampaya, provincia de La Rioja como referencia de área natural.

Las formas de alteración observadas en la superficie pétreo, se identifican como costras y pátinas presentando determinadas características físicas, mineralógicas y texturales cuyas particularidades son analizadas en el presente trabajo. Todas ellas ocasionan cambios en la obra original a través de manchas, depósitos supraepilíticos u otras manifestaciones notorias, llegando al extremo de provocar superficialmente la pérdida de cohesión mecánica. Este acontecimiento preocupa y ocupa a los

responsables del mantenimiento y/o restauración, en especial cuando se trata de obras de valor histórico patrimonial.

El estudio de las muestras obtenidas en las diferentes obras investigadas, consistió en la utilización de técnicas analíticas que incluyen: corte delgado para observación con microscopio petrográfico, difracción de rayos X, microscopía electrónica de barrido ambiental (MEB) y microsonda de energía dispersiva (EDX). Las variedades pétreas involucradas comprenden granitos (o pertenecientes al grupo de tales rocas), mármoles y calizas. Finalmente, se realiza la interpretación de los resultados obtenidos en cada caso con las conclusiones correspondientes.

## ESTUDIO DE CASOS - RESULTADOS

### Monumentos funerarios del cementerio de la Recoleta

El cementerio de la Recoleta inaugurado en el año 1822 en terrenos pertenecientes a los Frailes Franciscanos Recoletos, es considerado como un museo al aire libre ya que cuenta con importantes obras de valor estético. Geográficamente está ubicado en la zona céntrica de la ciudad de Buenos Aires y muestra condiciones ambientales que se hallan influenciadas por las características de su localización, entrando en juego distintas variables, como el intenso movimiento automotor y la distancia al río. Este entorno configura un microclima que deriva en la acción de agentes agresivos que actúan sobre la durabilidad de los materiales pétreos de las obras allí construidas. Las condiciones ambientales señalan un clima templado – húmedo con valores medios (últimos 10 años) de 16,6°C (mínimos de 12,4° a máximos de 21,3°C), humedad relativa de 78% y precipitaciones de 1.065 mm anuales.

Estudios sobre la contaminación del aire,

indican específicamente la polución generada por los gases de los autos y partículas en suspensión. En menor grado, aunque no menos importante ocasiona el desarrollo de patologías el tipo, calidad y frecuencia del mantenimiento a que se encuentran sometidos los monumentos. El análisis de las rocas empleadas, permite relacionar el deterioro con la datación en tiempo real de las obras, las cuales soportan un intemperismo natural.

Los estudios se centralizaron en varias obras que forman parte del patrimonio nacional e integran parte de aquellos declarados monumentos históricos nacionales. De todos ellos se seleccionaron tres, los cuales se describen a continuación.

#### a) Monumento a Nicolás Avellaneda (1905)

Localización Sección 20, Tablón 9: Este monumento corresponde a una escultura de bulto realizada en 1905 por Jules Coutan, denominada La Elocuencia (Fig. 1). La roca con la cual ha sido esculpida corresponde a mármol de Carrara, respondiendo a la moda imperante en los albores del siglo XX, cuando era costumbre entre las clases sociales acomodadas la importación de rocas con fines ornamentales, destinadas a monumentos funerarios.

Una de las patologías más notorias corresponde al desarrollo de costras negras en diferentes sectores de la obra. Con la finalidad de proceder a su análisis, se extrajeron micromuestras las que fueron estudiadas con microscopio electrónico (MEB), microsonda (EDX) y difracción de rayos X. El difractograma de la costra, muestra un sustrato de carbonato de calcio perteneciente al mármol original (Carrara), al que se le superpone yeso en forma de cristales aciculares mezclados con un oxalato denominado whewellita ( $\text{Ca}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot (\text{H}_2\text{O})$ ); secundariamente, aparecen picos correspondientes a feldespato.

La observación por microscopía electróni-



Figura 1: Monumento a Nicolás Avellaneda.

ca de barrido muestra la presencia de agentes atmosféricos en la forma de material particulado, hollín y cenizas volantes. Se debe mencionar la presencia de microorganismos (líquenes, hongos) reconocidos por su efecto de deterioro tanto químico como físico de la superficie epilítica.

Elementos metálicos como plomo, fósforo, zinc, titanio, cobre, zirconio, estroncio y níquel aparecen en el análisis con EDX.

Con el fin de estudiar los posibles cambios producidos en el mármol de la obra estudiada, se efectuó un análisis comparativo entre los sectores del sustrato mármoleo y el que contenía la costra, encontrándose los siguientes resultados detallados en el cuadro 1.

De los resultados se infiere que la costra con relación al sustrato pétreo posee un importante incremento del componente carbonático no perteneciente al mismo, sino que es consecuencia de la actividad biológica existente (líquenes), corroborada en la detección de carbono, fósforo y cloro. El óxido de silicio más elevado en la costra, se relaciona con la producción de ácidos de la actividad metabólica de los organismos. Las acciones mencionadas de actuación simultánea provocan, que en alguna medida la roca marmórea

CUADRO 1: Análisis comparativo por microsonda entre el sustrato de roca y la costra (EDX).

|             | CO <sub>2</sub> | Na <sub>2</sub> O | MgO  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SO <sub>3</sub> | Cl <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | CaO   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
|-------------|-----------------|-------------------|------|--------------------------------|------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------|------------------|-------|--------------------------------|
| Zona limpia | 49,74           | N/D               | 0,17 | 0,56                           | 0,73             | N/D                           | 0,44            | N/D               | 0,28             | 47,79 | 0,30                           |
| Costra      | 80,44           | 0,32              | 0,19 | 0,46                           | 1,31             | 0,32                          | 5,68            | 0,12              | 0,34             | 10,57 | 0,25                           |

N/D: No registrados por el análisis.



**Figura 2:**  
Sepulcro  
Olivera de  
Pignetto.

experimente una disolución parcial generando radicales carbonáticos libres, los que se combinan con el  $\text{SO}_2$  atmosférico formando yeso acicular.

La observación por microscopía electrónica permitió detectar la presencia de partículas con aspecto esponjiforme de composición carbonosa, correspondientes a cenosferas, demostrando la acción de la contaminación ambiental. Por su parte, la presencia de elementos metálicos como Pb, Fe, Ti, Zn, Sr, Cu, Ni y Cr señala la acción de los gases producidos por del tránsito automotor, que circula intensamente alrededor de la zona del cementerio. De manera manifiesta, las costras se ubican mayormente en las zonas protegidas de la escultura, en especial de la acción de la lluvia. Aún así, se observó que la erosión efectiva del sustrato de mármol es inferior a los 20-50  $\mu\text{m}$ , no alcanzando a borrar el acabado superficial realizado por el escultor.

#### b) Sepulcro Olivera de Pignetto (1928)

Localización Sección 9 T: Corresponde a un monumento funerario realizado en dolomía, roca originaria de canteras de Olavarria, provincia de Buenos Aires. Su autor Luis Perloti, esculpió en una gran placa dolomítica la figura de una mujer vestida con el cincelado de una túnica con pliegues apoyada sobre un fondo texturado (Fig. 2). El zócalo que constituye la base del sepulcro y sobre el que se apoya la mencionada placa, es un granito migmatítico de color negro con cristales bien desarrollados de feldespato rosado

con cierta orientación.

La difracción por rayos X reveló que la escultura posee esencialmente composición dolomítica, acompañada de calcita y ankerita. Mediante la observación con microscopio electrónico, fue posible magnificar el grado de corrosión de la superficie epilítica, en una profundidad cercana a los 50  $\mu\text{m}$  y la participación de organismos en el deterioro de la misma.

Los resultados analíticos con microsonda brindan información sobre la composición de las costras y pátinas desarrolladas tanto en la base granítica como en la placa esculpida (Cuadro 2).

Los resultados obtenidos permiten efectuar las siguientes consideraciones:

Muestra 1: Corresponde al sustrato pétreo de dolomía con presencia de sílice debido a la actividad biológica de la pátina sobreexistente.

Muestra 2: Pertenece al granito migmatítico de la base lo que se refleja en los contenidos de Si, Al, Na y K que responderían a los minerales de cuarzo, mica y feldespato. El contenido elevado de Fe en este caso, es atribuible a la contaminación atmosférica.

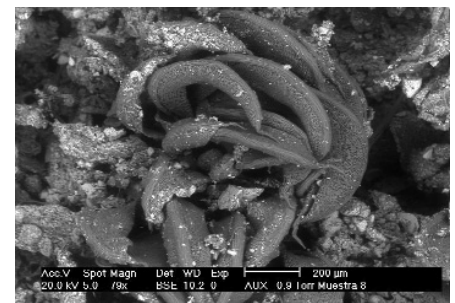
Muestra 3 Costra: Revela la acción biológica en los porcentajes de C, Si y P. El S se considera producto de la polución del ambiente en el entorno del sepulcro.

Muestra 4 Costra: Muestra la acción biológica por el contenido de C y el S. La presencia de Ba y Zn respondería a la utilización por parte del escultor, de soluciones de silicatos alcalinos o estearatos de zinc para la preservación de las super-

ficies líticas.

En esta obra, el desarrollo de costras se evidencia tanto en la placa horizontal y como la que remata en forma vertical en la cabecera del sepulcro en la que se apoya el relieve, todo realizado en roca dolomítica. Dicha costra desarrolla una fuerte relación con la actividad biológica manifiesta en los organismos liquénicos y hongos; a los que se agrega yeso (monoclínico) y sílice criptocristalina. El ennegrecimiento de ambas placas responde a la presencia de C como consecuencia de la actividad biológica mencionada. Contribuye con la formación de la costra la acción antrópica, elementos metálicos como Pb, Ti, Zn y Cu detectados por microsonda.

La observación por microscopía electrónica de la roca dolomítica muestra que parte de los cristales poseen corrosión superficial debida a la acción de los ácidos orgánicos, donde colabora con algún grado de desintegración mecánica la penetración de los talos liquénicos (Fig. 3). El granito migmatítico de la base no se ve tan afectado como la placa dolomítica. Esencialmente, se ha desarrollado una pátina superficial atribuible a la acción atmosférica y/o antropogénica que se hace visible en los cristales de feldespato que muestran algunas cavidades y corrosión de tipo químico.



**Figura 3:** Talos liquénicos en la superficie de la roca.

**CUADRO 2:** Análisis por microsonda de las rocas componentes del sepulcro y de las costras desarrolladas - EDX.

| Muestra    | C     | Mg    | Al    | Si    | Ca    | S    | K    | Ba   | Fe    | Zn   | P    | Na   |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|
| 1 Dolomita | 3,69  | 22,56 | 5,11  | 14,15 | 54,54 | -    | -    | -    | -     | -    | -    | -    |
| 2 Granito  | 5,18  | 4,07  | 13,70 | 17,12 | 11,78 | 0,69 | 1,87 | -    | 44,73 | -    | -    | 0,81 |
| 3 Costra   | 12,84 | 8,56  | 11,90 | 34,51 | 18,75 | 2,12 | 4,06 | -    | 4,60  | -    | 1,19 | 1,47 |
| 4 Costra   | 8,39  | 5,58  | 4,88  | 15,55 | 51,32 | 6,16 | 1,85 | 2,90 | 1,85  | 1,52 | -    | -    |



**Figura 4:**  
Monumento a  
Luis María  
Campos.

c) *Luis María Campos 1915*

Localización Sección 20 –Tablón C: Se trata de una obra realizada en mármol blanco, apoyada sobre una base de tipo granítico que representa al Gral. Luis María Campos vistiendo su uniforme de gala.

Tanto la figura femenina ubicada en el lateral izquierdo simbolizando a la esposa del Gral. Campos, como la situada en el sector derecho identificando a la Patria han sido esculpidas en mármol. Del mismo material es el ángel ubicado en la parte superior. La roca empleada es originaria de Carrara, Italia y la escultura fue realizada por Jules Coután.

El mármol de las esculturas está formado mineralógicamente por calcita desarrollada en cristales gruesos anhédricos y zonas criptocristalinas (recristalizada). También en la composición se ha identificado dolomita de exfoliación romboédrica.

La patología más notoria en el presente monumento, es la formación de una pá-

tina oscurecida como consecuencia del depósito de suciedad, junto a organismos de tipo bacteriano y fúngico cuya extensión depende del sector considerado.

El análisis por microsonda del sector de mármol oscurecido muestra alta proporción de C y presencia de P, S y Cl como indicadores de actividad biológica.

Comparativamente a un sector de calcita “limpia”, el diagrama muestra ausencia de los elementos mencionados. En el sector correspondiente al basamento granítico el diagrama evidencia que los elementos detectados se corresponden con la actividad biológica y con otros provenientes de los gases del tránsito automotor tales como Zn, Sn y Pb.

**Revestimiento calizo del Palacio de Congreso Nacional**

(Comienzo de construcción 1897 - Terminación 1906).

El Palacio del Congreso Nacional ubica-

do en la zona céntrica de la ciudad de Buenos Aires ocupa una manzana presentando su entrada principal sobre la avenida Entre Ríos. Las tres fachadas restantes corresponden a la avenida Rivadavia y las calles Combate de los Pozos e Hipólito Irigoyen. El tránsito en esta área es sumamente intenso, hecho que ocasiona la formación de humos provenientes de los autos. A este ambiente con *smog*, se le suman las frecuentes manifestaciones populares lo que provoca una atmósfera cargada de componentes químicos agresivos para las rocas calizas que revisten las fachadas.

El mencionado edificio posee un revestimiento de granito gris (cantera de Colonia, Uruguay) que se extiende a todo lo largo de la base a nivel de la acera. El resto de las fachadas desde el primer piso y los niveles superiores, se encuentra revestido de roca caliza (cantera Dumesnil, Córdoba). Los casos particulares de los ornamentos y cariátides corresponden a una caliza de tipo dolomítico.

Las placas y sillares calizos que revisten con diferentes dimensiones a las fachadas, son clasificados petrográficamente como caliza cristalina de bajo metamorfismo. La misma presenta un bandeamiento macroscópico debido al contenido de arcillas y serpentina fibrosa. Mineralógicamente corresponde a calcita, la cual presenta textura granoblástica media, teniendo en forma subordinada cristales subhedrales de dolomita. En escasa proporción aparece muscovita y óxidos de hierro.

Precisamente en los ornamentos es donde se observa la formación de costras negras, que superan en dureza a la propia roca en coincidencia con áreas protegidas de escorrentías. El análisis por difracción de rayos X de tales costras, muestra una composición correspondiente a la mezcla de carbonato de calcio, carbonato de sodio hidratado (natrón) y alguna proporción de silicatos de aluminio y magnesio hidratado, proveniente de la alteración de la serpentina. Es frecuente la aparición de yeso. Debido a la importante resistencia mecánica de dichas alteraciones su-

perfiles, no pudieron ser eliminadas por los procedimientos de limpieza, razón por la cual se optó por no retirarlas ya que de otro modo, se ponía en riesgo la integridad del sustrato pétreo (Fig. 5). El análisis con microsonda en muestras de la caliza, ornamentos y costra, permite realizar interpretaciones mencionadas sobre la composición (Cuadro 3). Las muestras identificadas como caliza 1 y 2 corresponden a áreas del sustrato pétreo “limpio”, en tanto que en las denominadas costras aparece Si, S y P ligados a la actividad biológica y formación de yeso. La acción biológica se manifiesta tanto por el desarrollo de musgos favorecidos por la humedad, como por la presencia de palomas, cuyo guano ataca agresivamente a la roca caliza de las fachadas. En el caso particular de la muestra costra 3 existe una importante concentración de Fe, que respondería a material particulado proveniente de la atmósfera contaminada. Por otra parte el contenido de Si se ve incrementado en las costras y respondería a un origen relacionado con la disolución parcial del cemento empleado en la unión de las juntas de los sillares.

### Arenisca Los Pizarrones – Parque Nacional Talampaya

Los Pizarrones es el nombre correspondiente a un sector de pared rocosa enclavado dentro del Parque Nacional Talampaya dispuesto sobre uno de los márgenes del río del mismo nombre en la provincia de La Rioja. El valor arqueológico de este ejemplo, radica en la gran cantidad de grabados rupestres que contiene y que responde a la autoría de antiguos pobladores indígenas. Dichas figuras han sido grabadas en la pátina que cubre gran parte de la superficie de la pared de roca. Debido a la imposibilidad de al-

terar mediante la toma de muestras este sector de Los Pizarrones, los estudios se realizaron sobre muestras extraídas muy cercanas a ese sitio o en trozos desprendidos naturalmente.

Las rocas que integran este macizo, se describen como areniscas o wackes con abundante cuarzo. Secundariamente, se encuentran minerales de feldespato potásico, plagioclasa, biotita, muscovita y fragmentos líticos. Se destaca la intensa coloración rojiza debida a la presencia de óxidos de hierro. Entre las líneas de sedimentación es posible encontrar clastos de diferente composición petrográfica, como también niveles de material limoso y abundancia de sales cristalizadas.

En este ambiente natural sin agentes contaminantes extraños, ya que en este sector no tiene acceso el turismo, las modificaciones mineralógicas responden esencialmente a las condiciones ambientales.

El lugar de estudio sufre fuertes crecidas del río, las que suelen arrastrar material fino en forma abundante y trozos de roca que luego pasan a formar parte de las capas que conforman el lecho. Por otra parte, el clima es de tipo árido con precipitaciones que aunque esporádicas son de carácter torrencial, con eventos de heladas, grandes amplitudes térmicas y fuerte acción eólica. A estos factores climáticos se le suma el importante contenido de sales (cloruros y sulfatos) que se halla concentrado en los niveles sedimentarios que soporta la pátina en estudio.

Las condiciones ambientales señaladas indican que cualquier modificación en la mineralogía de la pátina obedece a procesos físico mecánicos, revelando los análisis un componente relacionado con la acción fúngica (Fig. 6).

Las patologías observadas en Los Pizarrones, corresponden a:



Figura 5: Detalle de costras negras en ornamentos del Congreso Nacional.

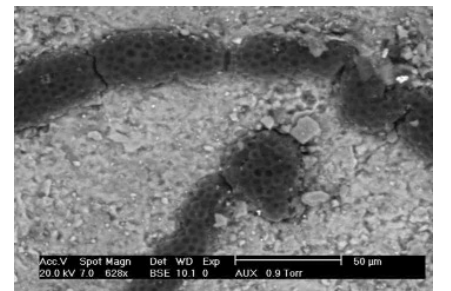


Figura 6: Organismos fúngicos detectados en la pátina de roca.

- Deferrización en los óxidos de hierro contenidos en la roca
- Termoclastia. Observada en gránulos graníticos y basálticos como consecuencia de los gradientes térmicos.
- Oquedades producidas por desprendimiento de rodados o bien “punteado” (pitting) en la pátina por impacto de partículas debido al arrastre del viento.
- Desarrollo de colonias de líquenes / hongos sobre la superficie.
- Cristalización de sales (yeso, carbonato de calcio, halita) que originan eflorescencias superficiales, criptoeflorescencias, o capas milimétricas intercaladas entre los sedimentos. El ciclo de disolución / cristalización de las sales produce la desmaciación y exfoliación de capas superficiales de la roca.

## CONCLUSIONES

Es evidente a partir de los resultados obtenidos, que es posible interpretar que las alteraciones superficiales encontradas en rocas situadas tanto en ambientes urbanos como naturales, muestran algunas características que le son propias a cada uno de ellos y otras que le son comunes.

**CUADRO 3:** Análisis por microsonda de la composición de la costra y zona “limpia” de caliza.

| Muestra  | Mg   | Al  | Si   | S    | P    | K   | Ca   | Fe   |
|----------|------|-----|------|------|------|-----|------|------|
| Caliza 1 | 21,0 | 4,0 | 38,0 | -    | -    | 0,4 | 35,0 | 1,0  |
| Caliza 2 | 33,0 | -   | 30,0 | -    | -    | -   | 37,0 | -    |
| Costra 1 | 34   | 7,0 | 29,0 | -    | 22,0 | 1,5 | 35,0 | 2,5  |
| Costra 2 | 9,0  | 3,0 | 40,0 | 21,0 | -    | 0,7 | 24,0 | 1,2  |
| Costra 3 | 2,8  | 6,4 | 38,0 | -    | 21,0 | 3,5 | 18,0 | 10,0 |

Para el caso de rocas expuestas en ambientes urbanos las variedades petrográficas estudiadas en este estudio incluyen mármoles, dolomías y calizas donde las patologías características indican formación de sales debidas a la disolución que se produce en tales rocas carbonáticas con transporte y posterior depositación en forma de costras, estalactitas y eflorescencias. También es notorio los cambios cromáticos que pueden desarrollarse (ennegrecimiento) como consecuencia del smog ambiental, al que se le suma el depósito de elementos metálicos (Fe, Pb, Zn, Ti y otros) y partículas carbonosas propias de ambientes poluidos por la acción del hombre. Por último se agrega la actividad biológica que generalmente se desarrolla en los sectores epiliticos representada por la presencia de P, S y Si detectados en los análisis de microsonda. En los ambientes naturales donde la acción antrópica es prácticamente nula, poseen preponderancia las acciones desarrolladas por los agentes atmosféricos como lluvia, vientos y temperatura. Estos últimos son los mayores responsables de los cambios mineralógicos en rocas con alto contenido de hierro, produciendo deferrización, degradación mecánica (termoclastia) y pérdida de cohesión de las rocas por generación de micropresiones locales que en este caso, son producto de la disolución/cristalización de sales presentes. La consecuencia de la formación de depósi-

tos salinos lleva a la descamación y/o exfoliación de la roca. En el caso estudiado de Los Pizarrones colabora con la desintegración mecánica de las rocas, las características texturales y de composición correspondientes a wackes y limolitas.

No existe como en el caso de los ambientes urbanos presencia de elementos metálicos que son propios de la combustión automotor, ausente en el lugar.

Se debe señalar que la actividad biológica es común a ambos casos tanto ambientes urbanos como naturales, aunque seguramente con diferencias del tipo de especies para cada caso. La biocolonización es otro agente que se suma a la posible alteración de las rocas independientemente de la variedad pétreo.

Como recomendación se concluye que cualquier estudio orientado al diagnóstico, análisis y tratamiento de las patologías en rocas debe considerar la identificación de los minerales, sus posibles alteraciones y grado de avance en la superficie de la roca ya que de este modo, se podrá desarrollar un método de tratamiento y/o limpieza adecuado, más aún si se trata de una obra de valor histórico.

También que las investigaciones realizadas en obras pertenecientes al patrimonio nacional deben ser enfocadas desde una óptica interdisciplinaria, para obtener un diagnóstico completo para generar una propuesta de tratamiento integral de las mismas.

#### TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Crespo, M., De Maio Ponce de, M.B. y Orsetti, A. 2001. Biodeterioration Diagnosis of a Relief Belonging to the Grave of Olivera de Pignetto in Recoleta Cemetery, Argentina. 4° Latin American Biodeterioration and Biodegradation Symposium. Actas en CD, T2O65, 11 p., Buenos Aires.
- De Maio Ponce, M.B. y Domínguez, M. 1993. Deterioration and Conservation of the National Congress Building Stone, Argentina. International RILEM/UNESCO, Proceeding 21(1): 121-128, París.
- Ponce, M.B. 2003. Estudio de la acción biológica en el deterioro de la piedra. Villas Boas, R., Calvo, B. y Peiter, C.C. (eds.) Mini foro IBEROEKA en Mármoles y Granitos, CETEM/CYTED/CNPq, 165-173, Río de Janeiro.
- Ponce, M.B. 2004. Estudio del deterioro de las rocas empleadas en obras de valor histórico patrimonial. Revista ASAGAI 20: 173-179, Buenos Aires.

Recibido: 6 de Noviembre, 2009

Aceptado: 25 de Marzo, 2010