

# **Pautas de conservación prioritarias en las Ruinas de Santo Domingo (Pontevedra)**

Equipo Investigador

## **Liquenología**

M. E. López de Silanes. Dpto. Enxeñaría dos Recursos Naturais e Medio Ambiente.  
Univ. Vigo

J. Álvarez y M. J. Sanchez-Biézma. CMAC: Consultoría de Medio Ambiente y Calidad.

## **Restauración**

C. Montojo. Escola Superior de Conservación e Restauración de Bens Culturais de Galicia

## **Caracterización de Patologías y Materiales**

T. Rivas. Dpto. Enxeñaría dos Recursos Naturais e Medio Ambiente, Univ- de Vigo.

B- M. Silva y B. Prieto. Dpto. Edafología y Química Agrícola, Univ. Santiago.

## **Láser**

A. J. López. Dpto. Enxeñaría Industrial II. Universidade da Coruña.

## **Resumen**

Trabajo multidisciplinar sobre las Ruinas de Santo Domingo, situadas en el centro de Pontevedra. Se realizan estudios para valorar el estado actual de conservación del conjunto, así como algunas de las obras que alberga. Para ello se identifica la roca de construcción de las Ruinas, señalando el estado actual de conservación y las patologías más graves y frecuentes. Se realizan análisis para determinar las causas de las alteraciones encontradas. Se estudia la colonización biológica, principalmente liquénica, que cubre las diferentes esculturas. Se ensaya la técnica láser para la limpieza de costra negra, en un granito similar al del monumento.

Teniendo en cuenta todos los resultados obtenidos, se realiza la limpieza y restauración de algunas de las obras escultóricas y se proponen pautas urgentes de intervención en todo el conjunto monumental.

## **Palabras clave**

Monumento, Conservación, Restauración, Biodeterioro, Líquenes, Láser, Granito, Costras Negras.

## **Introducción**

Las Ruinas de Santo Domingo fueron salvadas de la demolición gracias a las gestiones llevadas a cabo a partir de 1860 por los miembros de la Comisión Provincial de Monumentos de Pontevedra y por los de la futura Sociedad Arqueológica (origen del actual Museo de Pontevedra). Fueron declaradas Monumento Nacional por Ley de 14 de agosto de 1895.

La iglesia de Santo Domingo presentaba planta de cruz latina con transepto saliente que configuraba un tramo en cada uno de sus brazos. De éste sólo se conserva en pie parte del lienzo oriental de acceso a las capillas absidales y el hastial sur. La cabecera se compone de cinco ábsides hemipoligonales.

Debido a los años en que el conjunto monumental de las *Ruinas de Santo Domingo* ha estado sometido a los factores medioambientales –un clima con abundantes precipitaciones y un entorno hasta hace poco con fuerte contaminación por el tráfico- la piedra ha sufrido diversos procesos de alteración tanto en la fábrica como en las piezas heráldicas

Esta situación llevó a plantear el estudio integral e interdisciplinar del monumento con los siguientes objetivos:

- Identificación de la flora colonizadora de labras heráldicas y de otros elementos pétreos representativos de las Ruinas de Santo Domingo, indicando en lo posible los factores ecológicos que favorecen su crecimiento.
- Caracterización petrográfico-mineralógica de la roca utilizada en la construcción del monumento y en la talla de los elementos escultóricos, identificación de las principales formas de alteración que presenta la piedra y análisis de las causas de su aparición.
- Análisis de la viabilidad de la técnica láser para la eliminación de costra negra en granito ajustando los distintos parámetros que intervienen en el proceso para evitar cualquier daño sobre la roca

- Sobre la base de los resultados anteriores, se plantean unas pautas generales de conservación para el conjunto pétreo de las ruinas, valorando la idoneidad de la aplicación de distintos tratamientos.

### **Metodología**

La primera identificación de las formas de alteración se realiza mediante la observación visual de la superficie de la roca, a veces con la ayuda de lupas. El tacto y la percusión ayudan a identificar algunas formas típicas en rocas graníticas. Muchas veces, se trata de formas de alteración asociadas a la acción de ciertas sales por lo que la presencia de eflorescencias o a veces el sabor de las superficies ayuda a su identificación. Sin embargo, para el correcto diagnóstico de estas patologías siempre es necesario una toma de muestras de la superficie rocosa y posteriores análisis químicos (para identificar los tipos de sales presentes) y mineralógicos (para identificar minerales producidos por la meteorización). Estos últimos se basan en técnicas microscópicas que llevan incorporados sistemas de análisis de elementos, como la microscopía electrónica de barrido con microsonda de rayos X acoplada, herramienta muy útil para determinar el origen de algunas pátinas.

Para identificar la roca utilizada en la construcción de un monumento y poder clasificarla se deben tomar muestras y realizar un análisis petrográfico (mediante el estudio de una lámina delgada de la roca con microscopía óptica petrográfica) y un análisis mineralógico (mediante difracción de rayos X de una muestra molida).

Además de la descripción de las patologías que afectan a la piedra, es necesario conocer el alcance de la colonización biológica que presenta la roca. En primer lugar se identifican las especies, ya que cada grupo (líquenes, musgos, plantas vasculares) y dentro de cada grupo, cada especie, puede generar biodeterioro de distinta intensidad.

Para la identificación de los líquenes *in situ* se utilizan lupas portátiles, reactivos y claves de determinación confeccionadas para este fin por las autoras. Se realizan dibujos y fotografías para fijar la situación de los ejemplares a estudiar y así poder definir las condiciones ambientales que facilitan su desarrollo.

Posteriormente se recogen los especímenes que presentan dificultades para su determinación *in situ*. En la toma de muestras se utiliza un bisturí, introduciendo los

fragmentos raspados en sobres de papel, debidamente numerados y datados. Una vez en el laboratorio se extienden para su secado al aire y evitar su pudrición. Para identificar las muestras se han empleado los métodos clásicos en liquenología, basados principalmente en sus caracteres macro y microscópicos y su reacción frente a los reactivos habituales. Una vez realizados estos análisis se usan claves de identificación para conocer las especies que colonizan estas obras, como: CLAUZADE & ROUX (1985), PURVI et al. (1992), PÉREZ et al. (2003), WIRTH et al. (2004) y DOBSON (2005).

**Limpieza con láser.-** Entre las ventajas frente a otras técnicas de limpieza cabe destacar que no existe contacto mecánico con la pieza, siendo por tanto adecuado para superficies extremadamente frágiles o poco cohesionadas; no se introducen nuevas sustancias ni se generan productos secundarios; es además una técnica selectiva y localizada lo cual resulta muy útil para trabajos que requieran gran precisión y puede ser utilizado en la limpieza de materiales muy diversos (COOPER 1998).

En lo que concierne a los materiales pétreos, la mayoría de los trabajos publicados se refieren a calizas y mármoles y en menor medida a rocas silíceas tales como areniscas (FOTAKIS et al. 2007). Existen muy pocos estudios realizados sobre granito y dada su composición multi-mineral se hace imposible extrapolar al granito los resultados obtenidos en otras rocas.

A pesar de las importantes ventajas que hemos señalado, hay que considerar los posibles efectos adversos sobre el sustrato tales como cambios de coloración o cambios morfológicos en la superficie sobre todo cuando se aplican densidades de energía muy altas (FOTAKIS et al. 2007). Por todo ello, aunque se comercializan sistemas láser para restauración, siempre es necesario un conocimiento preciso de los materiales tratados y los mecanismos de interacción láser/materia involucrados para ajustar las condiciones de aplicación y prevenir así daños o efectos indeseados.

En este proyecto los ensayos de limpieza se llevaron a cabo utilizando un láser pulsado de Nd:YVO<sub>4</sub>, operando a la longitud de onda de 355 nm. Para la optimización del proceso se ajustaron distintos parámetros, unos relacionados con la densidad de energía del haz láser (frecuencia de repetición o tamaño del *spot*) y otros relacionados con la forma en que el haz barre la pieza (características de las trayectorias y velocidad de barrido). Estos parámetros, sin embargo, no pueden considerarse de forma independiente porque combinando la velocidad barrido, la frecuencia y la anchura del haz se obtiene el factor de solapamiento, es decir, el número de pulsos láser que, en

promedio, inciden sobre cada punto de la superficie. Este índice de solapamiento será la clave en el proceso de limpieza.

## **Resultados**

**Identificación de la roca de construcción del monumento.-** Se trata de un granito de dos micas de grano medio bastante heterogéneo, observándose diferencias notables entre los distintos sillares en cuanto a color, tamaño de grano y contenido de biotita. Presenta frecuentes concentraciones de minerales oscuros, como biotita y turmalina, y zonas donde existe una mayor concentración de oxihidróxidos de hierro que confieren a la roca un color pardo-herrumbroso. A esta variabilidad de la roca se une la heterogeneidad de la fábrica del monumento, con áreas de mampostería y otras de sillería. Las piezas heráldicas son también graníticas pero de una piedra de grano medio-fino muy homogénea, es decir de un granito bien seleccionado.

**Estado de conservación.-** En términos generales, el estado de conservación de las fábricas es muy deficiente: existen numerosos huecos y perforaciones, reposiciones de sillares, juntas abiertas por pérdida de mortero, pérdidas de masa rocosa, etc. Pero lo más preocupante es la existencia de fisuras y fracturas que evidencian problemas estructurales.

Además, las deposiciones de aves que anidan en su interior resultan perniciosas para la conservación de la roca y los morteros. Las manchas de humedad en los enlosados y en los muros, debido al ascenso capilar, son también evidentes.

**Formas de alteración de la piedra.-** La piedra presenta tres formas de alteración superficial importantes: *separaciones superficiales* o *desplacaciones*, desagregación arenosa o *arenización* y *costras negras* (**Fig. 1**). Estas patologías son las más comunes en los monumentos graníticos de Galicia (SILVA et al. 1996a, 1996b y 2003).

Las **desplacaciones**, que se manifiestan muchas veces como abombamientos, se producen por la separación de la capa más externa de la piedra paralelamente a la superficie y sin relación con la estructura interna de la roca (no son exfoliaciones). Se observan de manera esporádica en todo el recinto de la Ruina, pero adquieren su mayor desarrollo en los paramentos exteriores que dan a la calle Riestra, sobre todo en la parte inferior de los muros, hasta la segunda y/o tercera hilada de sillares. En los paños interiores aparecen de manera puntual.

La **arenización** consiste en la pérdida de cohesión entre los granos minerales, los cuales acaban desprendiéndose, ocasionando así una pérdida de relieve en los elementos de piedra. Esta patología aparece de manera generalizada, aunque débil, en todo el monumento. No obstante zonas donde es particularmente grave, como por ejemplo en los parteluces de las capillas 1 y 2, en el muro derecho, sobre todo en la arquivolta y ménsula derechas de la capilla 4, y en el muro de fondo (bajo el rosetón), en sus dos arcos de acceso, sobre todo en las piezas escultóricas que decoran sus arquivoltas. Se trata casi siempre de elementos esculpidos, lo cual incrementa la fisuración superficial y hace a la roca más vulnerable frente a los agentes de alteración.

En cuanto a las **costras negras**, por su localización y características, se diferencian dos tipos: unas situadas en las áreas más umbrías del edificio que parecen relacionadas con la colonización biológica, y otras asociadas a fenómenos de contaminación que son muy evidentes en los paños exteriores de las capillas. En algunos puntos del interior de las capillas, la costra negra parece estar asociada a los restos de cal que formaba la preparación de las desaparecidas pinturas murales.

**Para determinar las causas de estas alteraciones se realizaron diversos análisis.-**

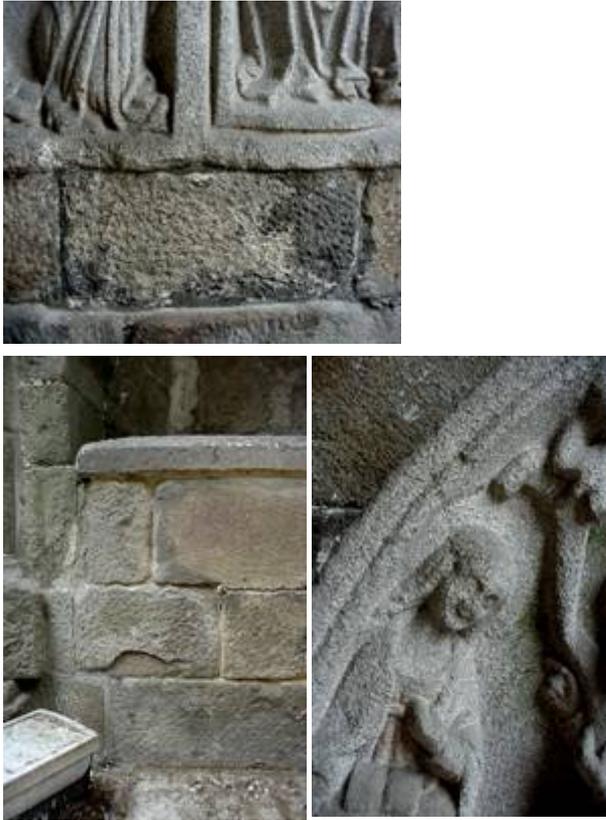
Los análisis por difracción de rayos X indican que la roca no presenta meteorización química ni mineralógica, pues únicamente se identifican los minerales constituyentes del granito: cuarzo, feldespato potásico (microclina), plagioclasa sódica (albita) y moscovita, y no aparece ningún mineral formado por meteorización de ellos. Los análisis de sales solubles de las muestras de piedra, tanto de placas como de arenizaciones, revelan la presencia de cantidades importantes de sulfatos, cloruros y nitratos, lo que confirma que es la acción de estas sales, a través de procesos alternantes de cristalización y disolución, la causa de estas formas de alteración. Las desplazaciones aparecen siempre relacionadas con la presencia de sulfato de calcio – yeso (SILVA et al. 2003) cuyo origen es diverso (CHAROLA 2000); lo más común es que proceda de la disolución de enlucidos y morteros antiguos y de la deposición atmosférica, en ambientes urbanos y contaminados. La arenización se asocia con el cloruro de sodio (SILVA et al. 2003), sal predominante en el aerosol marino (ARNOLD & ZENHDER 1989; CHAROLA 2000).

En todas las muestras analizadas, el ión más abundante es el sulfato, cuya mayor concentración aparece en las placas de los muros exteriores de la Capilla 3 que dan a la

calle Marqués de Riestra que soportaba un intenso tráfico hasta fechas recientes. La mayor concentración de cloruros se encuentra en los muros interiores de la Capilla 1, lo que se explica por su orientación: a pesar de ser un recinto semicerrado, esta capilla es la que está más expuesta a los vientos procedentes del mar, que enfilan desde el Oeste. Los nitratos y fosfatos se asocian con la actividad biológica (ARNOLD & ZENHDER 1989) y así, la intensa actividad de aves en el recinto y la vegetación ornamental que rodea los muros exteriores pueden ser el origen de estas sales.

El estudio mediante microscopía electrónica de barrido y el microanálisis (EDAX), ha permitido caracterizar las costras negras. Se ha constatado que se trata de costras asociadas a la presencia de sulfatos pues el elemento mayoritario es el azufre. Este elemento, ajeno al granito, se encuentra en las costras combinado con calcio formando sulfato de calcio (yeso). El calcio es un elemento escaso en los granitos, de modo que en su mayor parte procede de los encalados, morteros de juntas o revestimientos como pueden ser enlucidos de pinturas murales. Al observar las muestras de costras con la lupa binocular se aprecia que se trata de revestimientos de la piedra muy deteriorados, parcialmente disueltos y muy ennegrecidos. Las superficies ricas en carbonato cálcico son especialmente receptivas a la deposición de partículas y gases contaminantes (FURLAN & GIRARDET 1992), por lo que con toda probabilidad estas costras son restos de enlucidos o encalados que se han sulfatado por efecto de la contaminación atmosférica. En dos muestras de costra se observan, además de cristales de yeso, partículas esféricas sintomáticas de contaminación atmosférica de origen antropogénico, lo que demuestra que el sulfato en estas costras procede del SO<sub>2</sub> producido en la quema de combustibles fósiles.

La observación mediante el SEM permitió también identificar otros rasgos de deterioro tales como la colonización biológica. Así, se encontró que esta misma muestra está profusamente colonizada por hongos, ya que se puede observar nítidamente el entramado de hifas que recubre su superficie.



**Figura 1.** Aspecto de las patologías más graves que afectan a las ruinas. Superior: costra negra. Inferior izquierda: placas; Inferior derecha: pérdida de relieve por arenización.

**Colonización biológica.-** El estudio de la colonización biológica se ha centrado en la identificación de las especies de líquenes, ya que estos organismos son los más abundantes en el monumento. Se han identificado a nivel de especie cuando ha sido posible; en ocasiones se indica sólo el género debido al pequeño tamaño de los especímenes. En cada pieza seleccionada se señala la ubicación de los líquenes para poder evaluar el grado de dificultad de su limpieza.

Se han identificado un total de 31 taxones liquénicos, 4 a nivel de género y 27 a nivel de especie. En la **Fig. 2** se indican los líquenes que aparecen en cada una de las piezas. Los líquenes crustáceos son los mejor representados, comprendiendo el 65% del total, el resto son foliáceos y escuamulosos.

Otra característica es el escaso desarrollo de los talos liquénicos, lo que pone en evidencia que las piezas escultóricas y el conjunto de las Ruinas han sido sometidas a algún tipo de limpieza superficial. Además, la presencia de *Trapelia involuta* confirma esta hipótesis, al tratarse de una especie pionera.

Algunos talos de *Physcia* o *Parmelia* sl., cuyos hábitats preferentes son los árboles, tienen escaso desarrollo sobre la roca ya que no es su medio idóneo de crecimiento.

La pieza escultórica, de las seleccionadas para este trabajo. con menor diversidad liquénica es la *Labra número* R°2114; esta pieza muestra tan sólo 3 especies de líquenes que ocupan el 20 % de la superficie frente a un recubrimiento del 70 % de briófitos. Es importante destacar que esta obra se halla en la zona más húmeda y sombría de todo el recinto. Le siguen los escudos 18, 30 y E 12 que presentan una baja biodiversidad liquénica, de 5 a 6 táxones por escudo. Estaban situados en una zona algo más iluminada que la anterior, pero muy húmeda.

La obra escultórica *Retablo de la Quinta Angustia* presenta una diversidad liquénica bastante elevada, 9 especies. Se halla situada en una zona de luminosidad media.

Los de mayor diversidad liquénica, 5, 14, E-6 y E-8, con un promedio de entre ocho y doce especies, están situados en los lugares más luminosos confirmando la tendencia de la mayoría de los líquenes a ser especies fotófilas.

Aunque no se ve una clara diferencia de distribución de especies, sí se aprecian grupos que indican condiciones ecológicas determinadas. Así, especies de lugares umbríos y húmedos como *Lepraria* sp., *Leprocaulon microscopicum* y *Psilolechia lucida* aparecen con más frecuencia y mayor recubrimiento en los escudos 18 y 30, que son los situados en la zona menos ventilada y más sombría de las Ruinas. *Opegrapha calcarea* y *Lepraria* sp. son frecuentes en lugares protegidos y en zonas de sombra, siendo los únicos que crecen en el interior de las capillas. *Gyalecta schisticola* es la más frecuente y abundante en lugares expuestos. *Aspicilia caesiocinerea*, *Caloplaca crenularia*, *Candelariella vitellina*, *Catillaria chalybeia* var. *chalybeia*, *Lecanora* spp., *Physcia* spp., *Ochrolechia parella*, *Pertusaria* spp. y *Xanthoria parietina*, son especies nitrófilas, de zonas ricas en nutrientes, siendo habituales en construcciones humanas. *Sarcogyne privigna*, especie habitual en monumentos, tiene preferencia por las zonas húmedas. *Leprocaulon microscopicum* y *Cladonia* sp. crecen habitualmente sobre musgos o depósitos de tierra que pueda haber en oquedades o en zonas horizontales, ya que necesitan un sustrato más suelto para fijarse. *Collema flaccidum* precisa de alto grado de humedad, incluso algo de escorrentía para desarrollarse.

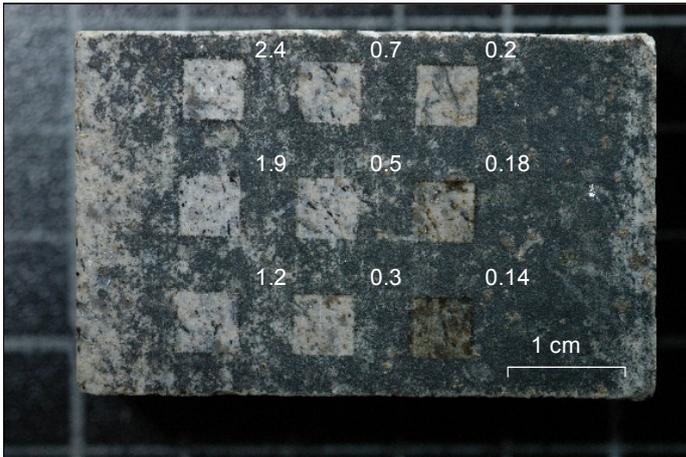
Los briófitos (musgos y hepáticas) se desarrollan principalmente en las partes horizontales, tanto de los muros como de las piezas escultóricas.

En relación a las clorofíceas o algas verdes, se indica su presencia de forma puntual por no ser objeto de este trabajo; uno de los géneros es *Trentepohlia*, formado por filamentos muy finos, generalmente de color naranja. Se reconoce por formar manchas anaranjadas. En las zonas más húmedas también se han encontrado con frecuencia algas verdes unicelulares.

Las cianobacterias son bacterias fotosintéticas, también llamadas algas azules; se han localizado puntualmente colonias del género *Nostoc*. Tanto las algas mencionadas como las cianobacterias pueden formar parte de los talos liquénicos.

Las plantas vasculares que crecen en Santo Domingo se han ido eliminando periódicamente y no constituyen una causa de deterioro importante. Entre las más frecuentes encontramos, en las grietas y fisuras, pequeños ejemplares del helecho *Polypodium* sp. Las silvas (*Rubus* sp.) crecían en la cubierta de las capillas y en los muros. La enredadera *Hedera helix* invadía la cubierta antes de su intervención. El ombligo de Venus o *Umbilicus rupestris* habita en las grietas y fisuras no selladas. *Sedum* sp. crece en grietas y en la cubierta, y la flor de viudas o alfileres (*Trachelium caeruleum*) lo hace en los muros de estas ruinas.

**Limpieza con láser.**- Una vez analizado el efecto de los distintos parámetros sobre el proceso de limpieza, en la **Fig. 3** se muestran los resultados obtenidos con un láser de Nd:YVO4 (355 nm) en la eliminación de costra biológica sobre una muestra de granito, similar al utilizado en la fábrica de las ruinas. La frecuencia se fijó en 10 kHz y la densidad de energía se varió entre 0.1 y 2.5 J/cm<sup>2</sup>. Para asegurar una irradiación uniforme de toda la superficie, el haz recorrió la superficie siguiendo líneas que se cruzan ortogonalmente con una separación de 75  $\square$ m y a una velocidad de barrido de 20 mm/s. El análisis de los resultados mediante microscopía óptica reveló que, para densidades de energía entre 0.3 y 1.2 J/cm<sup>2</sup>, se consigue la eliminación total de la costra biológica sin causar ningún daño al sustrato. Sin embargo, para densidades de energía más altas, se aprecia una clara erosión de la superficie del granito. Estos resultados nos permiten establecer un rango seguro de trabajo y demuestran la viabilidad de la técnica láser mediante una adecuada selección de los parámetros de trabajo.



**Figura 3.** Catas de limpieza realizadas con un láser de Nd:YVO4, longitud de onda 355 nm utilizando las densidades de energía que se muestran en la imagen. El rango seguro de trabajo se sitúa entre entre 0.3 y 1.2 J/cm<sup>2</sup>

### **Propuestas de intervención**

Teniendo en cuenta estos resultados, se proponen las **siguientes actuaciones urgentes**:

1. Es necesaria una urgente intervención encaminada al saneamiento en todo el monumento que incluiría: corregir los factores que llevan al desequilibrio de las estructuras constructivas, eliminar el ascenso de humedad por capilaridad desde el subsuelo, evitar la colonización por aves por constituir un fuente de sales solubles y eliminar la suciedad en enlosados y muros que contribuye a que se mantengan más tiempo húmedos.
2. Los análisis realizados permiten concluir que el principal problema que afecta a la conservación de la roca es la cristalización de sales solubles, que genera arenización y formación de separaciones superficiales, y la sulfatación de las superficies, que da lugar a costras negras.

Para frenar este deterioro es necesario evitar la entrada de sales a las rocas. En el caso de las separaciones superficiales, se trata de sales que acceden a los muros por capilaridad desde el subsuelo, por lo que una actuación imprescindible es reducir este ascenso capilar, mejorando los drenajes y estableciendo barreras en el subsuelo. La deposición de aerosoles de origen marino, responsables de la arenización, se podría minimizar instalando barreras laterales que impidieran el azote de vientos marinos.

Con respecto a las costras negras, se podrían disminuir los efectos nocivos por compuestos de azufre procedentes de los combustibles fósiles, si se reduce la suciedad y se limpian los restos de encalados de las superficies pétreas

Es necesaria una intervencion sobre los elementos escultóricos, en ocasiones por criterios estéticos y, en otros casos, por el riesgo de pérdida de materiales.

3. En las esculturas muy biocolonizadas se procedería inicialmente a una limpieza en seco de la suciedad y de los restos biológicos. Se llevaría a cabo de forma superficial, con la ayuda de brochas, escalpelos, espátulas y aspiradores. A continuación se usarían biocidas, que serían testados previamente para seleccionar los más adecuados así como el grado de dilución y los tiempos de aplicación de los mismos. Se emplearían fundamentalmente, sales de amonio cuaternario y herbicidas específicos, de probada eficacia. Tras dejarlos actuar, la piedra se lavaría, frotando cuidadosamente con distintos tipos de cepillos. De este modo, tras numerosas aplicaciones y enjuagues, se consiguen eliminar por completo tanto los restos biológicos como los de los biocidas empleados. Siempre hay que completar este tipo de limpieza con la eliminación puntual, mediante bisturís y escalpelos, de los pequeños restos de líquenes y rizoides de briófitos que se hallan fuertemente arraigados.

4. Las piezas con restos de policromías requieren un tratamiento específico consistente en la fijación y limpieza de los mismos. Para su fijado se emplearían resinas acrílicas diluidas.

Se debe seguir otro protocolo de actuación cuando los restos de policromía presentan como primordial problema de conservación una costra negra. Se eliminan estas costras por métodos esencialmente químicos, con aplicación de productos específicos -como mezclas de sales y tensoactivos que hacen solubles las costras- y apoyo puntual con métodos mecánicos.

5. Se procedería a la consolidación de la roca si se encuentra muy degradada. La consolidación persigue devolver la coherencia a la roca tratada y consiste en la introducción de productos compatibles física y químicamente con la estructura mineral. Se realizarían analíticas y ensayos previos para determinar el tipo de consolidante y su grado de dilución.

6. Finalmente, se procedería a una protección de todos los restos de policromías mediante el empleo de resinas de naturaleza acrílica y de probada resistencia a los agentes de degradación.

7. En aquellas piezas que presenten fracturas o grietas, se haría un sellado de las mismas para evitar el cúmulo de suciedad y agua. Se emplearían morteros compatibles con la piedra original –áridos de granito y resinas vinílicas o cal, resistentes a la intemperie- .

8. Para evitar una rápida recolonización biológica se podría valorar la posibilidad de hidrofugar la roca. La hidrofugación consiste en la aplicación de un producto inocuo que frena la entrada de agua en la roca, permitiendo por tanto ralentizar la recolonización; para ello se emplearían productos de naturaleza siliconada de probada eficacia.

9. Cualquier tratamiento de conservación no dura eternamente, ya que estos productos pierden su eficacia con el tiempo, por lo que son importantes las operaciones de mantenimiento. También hay que tener en cuenta que la aplicación de un producto debe ir acompañada de una intervención dirigida a frenar el proceso por el cual esa obra de arte se ha deteriorado.

En el caso de las Ruinas algunas condiciones del entorno son mejorables, como la existencia de polvo y suciedad o evidencias de colonización por aves; pero hay otras condiciones, como la elevada humedad, el impacto directo de la lluvia o la contaminación atmosférica por tráfico, cuya incidencia es muy difícil de reducir. Esto lleva a aconsejar que algunas de las piezas –cuya musealización no se haya considerado- se ubiquen dentro del conjunto, en áreas donde estos factores de deterioro no sean tan agresivos.

**Intervenciones realizadas.-** Una de las actuaciones realizadas como consecuencia de los resultados obtenidos en este trabajo es la limpieza y restauración de algunas obras escultóricas de las Ruinas en la Escuela de Restauración. Se citan tres ejemplos:

**Escudo E-8:** Labrado en granito de grano fino, aparentemente de muy baja porosidad. La roca no presenta ningún síntoma de deterioro grave, salvo la abundante colonización biológica. Los test de determinación de contenido en sales solubles dieron negativo.

Se realiza la limpieza de la piedra con cepillos redondos de cerdas naturales, bisturís y palillos de madera. Se aplican emplastes de pulpa de celulosa con biocidas, cuyos restos, junto a los biológicos, se eliminan en húmedo mediante lavados con agua y agua-alcohol. Se retiran por métodos mecánicos los restos de cemento y ladrillo de la base. Finalmente se pulveriza con un producto hidrofugante, cuya eficacia frente al agua y escasos cambios de color en el sustrato, se demostraron previamente a través de ensayos localizados.



**Figura 4.** Escudo E-8 antes de su intervención, con gran diversidad biológica y después de su restauración

**Escudo n° 30:** Obra de arte mixta, es decir, una parte labrada y el escusón policromado con las armas de Miranda, desaparecidas por la erosión superficial. Con el estereomicroscópio se ven restos de pigmentos (azul, blanco, amarillo y verde) además del color rojizo descrito por MESSIA (1991).

El escudo se conforma en tres bloques independientes que estaban unidos entre sí por cemento gris. Al mover la obra, este cemento provocó pequeñas fracturas del granito que se guardaron para ser adheridas durante la intervención.

Obra muy colonizada por organismos biológicos, lo que oculta casi por completo los motivos heráldicos y restos de policromía existentes. El granito, de grano homogéneo, presenta cierto grado de decohesión entre los granos.

Además de la identificación de los líquenes, se efectúan análisis en pequeñas muestras de los restos policromos. El análisis estratigráfico constata que el aglutinante que mantenía agregados los pigmentos rojos se ha perdido y éstos aparecen sueltos.

La intervención se inicia con la eliminación de elementos de unión ajenos a la obra y con limpiezas en seco y en húmedo –agua y alcohol y chorro de vapor-.

Los restos de policromía se consolidan con resina acrílica para proceder a su limpieza con acetona. Su protección final se realiza con una mezcla, a partes iguales, de resina acrílica y cera microcristalina.

Para eliminar la colonización biológica se aplica un tratamiento a base de biocidas y lavado final.

Los fragmentos desprendidos se unen con resinas aplicadas de forma puntual. Los bloques que conforman la obra no se unirán entre sí, tan sólo se fijarán al muro de fondo de la capilla.

**Retablo pétreo, Quinta angustia:** Retablo pétreo de estilo gótico, con acusada influencia flamenca, de calidad excepcional. La roca es un granito de dos micas de grano medio-fino, con un alto grado de orientación de sus minerales. Presenta ligera arenización, fisuras de diferentes tamaños así como pequeños desplazamientos asociados a la marcada orientación mineral. Existen faltas volumétricas en las zonas más salientes. La policromía, que sólo se conserva en pequeños núcleos resguardados como pliegues y zonas profundas, aparece en estado pulverulento o en forma de escamas. En algunas zonas se observa la presencia de repintes. Por análisis estratigráfico se comprueba que fue realizada con técnica de temple sobre una preparación roja y con dorados .

En los rostros de algunos personajes y en otras partes del conjunto, se aprecian restos de una reconstrucción volumétrica de naturaleza carbonatada. Presenta aspecto oscuro y graso por efecto de la contaminación. El análisis de dicha costra negra determina la presencia de minerales constituyentes del granito (cuarzo, plagioclasa, moscovita) y se identifica así mismo sulfato de calcio dihidratado (yeso). Esta composición es la típica de costras negras derivadas de la contaminación atmosférica.

En la cara superior aparecen tres oquedades con restos de hierro y manchas de oxidación, lo que indica que en algún momento tuvo unos pernos de sujeción. La colonización biológica por musgos, algas y líquenes, crea una alteración estética muy llamativa.

Se realiza una limpieza en seco y en húmedo previa consolidación de restos de policromías.

Los restos biológicos se eliminan por métodos mecánicos y aplicación posterior de biocidas en compresas y vapor de agua.

Para eliminar las costras de contaminación se combinan métodos mecánicos (bisturí y microcincel neumático) y químicos (aplicaciones de "Pappetta AB57", formulación específica empleada en Restauración para eliminación de costras).

Las grietas se rellenan con mortero de resina vinílica y árido de granito.

Se retiran los restos de óxido de los fragmentos de hierro y se aplica un inhibidor y un protector a base de resina acrílica.

Se conserva la reintegración de la nariz de una de las imágenes, atenuando su dominio visual --de color blanco- mediante la aplicación de una reintegración cromática con pigmentos al barniz. La obra se ubicará en las nuevas salas del Museo de Pontevedra, por lo que no se aplica ningún producto hidrofugante.

### **CONSIDERACIONES FINALES**

Todos los datos obtenidos permiten definir las intervenciones prioritarias que exige la conservación del monumento, cuáles son los criterios que deben regir dichas actuaciones y la metodología de trabajo, todo ello partiendo de un conocimiento exhaustivo de los materiales de la obra y de su estado de conservación.

Estas actuaciones son las siguientes:

1. Revisión y acondicionamiento de los drenajes desde las cimentaciones del monumento, con el objeto de reducir la entrada de humedad en los enlosados y muros.
2. Estudio, propuesta de intervención y tratamiento de los restos de pinturas murales.
3. Tratamiento específico de las patologías observadas en la piedra de fábrica y en las juntas de sillares. Se aconseja, una vez reducido el ascenso capilar desde el subsuelo, la limpieza de las superficies, de los restos de enlucido en mal estado, de costras de poca coherencia y suciedad en general. Se aconseja limpiar mediante procesos físico-químicos muy poco agresivos.

Las áreas afectadas por la acción de sales solubles podrán ser tratadas mediante la aplicación de materiales absorbentes y, si se considera necesario, sometidas a una posterior consolidación e hidrofugación. En ambos casos el estudio previo en laboratorio es imprescindible, para comprobar su efectividad.

4. Toma de medidas conducentes a evitar o reducir al máximo el acceso de aves al recinto y mantenimiento de condiciones óptimas de limpieza.

5. Propuesta de intervención, tratamiento de limpieza e hidrofugación de piezas escultóricas. Reubicación de las mismas allí donde la recolonización sea menos viable. Esta reubicación, de hecho, ya se ha iniciado por parte del Museo Provincial de Pontevedra.

Entre esas propuestas de intervención cabría el al ampliar los ensayos de métodos de limpieza con láser, una vez demostrada la capacidad de esta técnica para la eliminación de costras sobre granito, sin daño apreciable para la piedra. Se plantearían tales ensayos para aquellas obras cuyo valor artístico justifique el elevado coste de esta técnica frente a otras más convencionales.

A la hora de aplicar la técnica láser a la limpieza de grandes superficies *in situ* y con equipos comerciales, habrá que reajustar los distintos parámetros para la optimización del proceso.

6. Diseño de un plan de mantenimiento de las medidas de conservación del conjunto monumental. Con respecto a este punto, los documentos fundamentales sobre actuaciones del Patrimonio - Carta de Atenas (1931), Venecia (1964), París (1972), Roma (1972) ó Copenhague (1984), y actualmente Cracovia (2000)-, han ido haciendo hincapié, cada vez con más fuerza, en los conceptos mantenimiento y conservación preventiva.

De estas recomendaciones se concluye que, en el caso específico de las Ruinas de Santo Domingo, el mantenimiento de las intervenciones constituye una actuación de conservación en sí mismo; ninguna de las intervenciones propuestas será efectiva si no se definen las condiciones para que dichas actuaciones duren lo más posible, y si no se ponen los medios para el control de tales condiciones.

#### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ARNOLD A. & ZEHNDER K. (1989). Salt weathering in monuments. Proc. I Int. Symp. Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin, Bari. F. Zezza (Ed.), pp. 31-58.
- CHAROLA A.E. (2000). Salts in the deterioration of porous materials: an overview. Journal of America Institute of Conservation 39: 327-343.

- CLAUZADE G. & ROUX C. (1985). *Likenoj de Okcidenta Europo. Illustrita determininlibro.*-Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest 7: 1-893.
- COOPER M. (1998). *Cleaning in Conservation: An Introduction.* Ed. Butterworth-Heinemann. Oxford.
- DOBSON F.S. (2005). *Lichens. An Illustrated Guide to the British and Irish Species.* The Richmond Publishing Co.Ltd.
- FOTAKIS C., ANGLOS D., ZAFIROPULOS V., GEORGIU S. & TORNARI V. (2007). *Lasers in the preservation of Cultural Heritage. Principles and applications.* Ed. Taylor and Francis. New York.
- FURLAN V. & GIRARDET F. (1992). Pollution atmospherique et reactivité des pierres. Proc. VII Int. Cong. Deterioration and Conservation of Stone, Lisboa. J Delgado, F. Henriques, F. Telmo (Eds.), Vol .1, pp:153-161
- MESSIA DE LA CERDA Y PITA L. F. (1991) *Labras heráldicas del Museo de Pontevedra. Ruinas de Santo Domingo.* Ed. Excma. Diputación Provincial de Pontevedra.
- PÉREZ C., LÓPEZ M.C. & LÓPEZ DE SILANES M.E. (2003). *Guía dos liques de Galicia.* Bahía Edicións.
- PURVIS O., COPPINS B.J., HAWKSWORTH D.L., JAMES, P.W. & MOORE D.M. (1992). *The lichen flora of Great Britain and Ireland.* Natural History Museum Publications in association with the British Lichen Society.
- SILVA B., RIVAS T. & PRIETO B. (2003). Soluble salts in granitic monuments: origin and decay effects. En: Applied Study of Cultural Heritage and Clays, J.L.PÉREZ (Ed.), pp: 113-130.
- WIRH V., DÜLL R., LLIMONA X., ROS R.M. & WERNER O. (2004). *Guía de campo de los líquenes, musgos y hepáticas.* Ed. Omega.

<b>Especies</b>	<b>Esc.5</b>	<b>Esc.14</b>	<b>Esc.18</b>	<b>Esc.30</b>	<b>Esc.E- 8</b>	<b>Esc. E-12</b>	<b>Esc. E- 6</b>	<b>R°2114</b>	<b>Quinta A.</b>	<b>Cap.1int</b>	<b>Cap.2ext.</b>	<b>Cap.2 int</b>	<b>D. Paio</b>
<i>Acarospora</i> sp.	1	1											
<i>Aspicilia caesiocinerea</i> (Nyl. ex Malbr.) Arnold											1		
<i>Caloplaca crenularia</i> (With.) J.R. Laundon	1	1					1				1		
<i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) Stein					1								
<i>Candelariella vitellina</i> (Ehrh.) Müll. Arg.				1	1		1		1		1		
<i>Catillaria chalybeia</i> var. <i>chalybeia</i> (Borrer) A. Massal.									1		1		
<i>C. chalybeia</i> var. <i>chloropoliza</i> (Nyl.) H. Kiliias					1								
<i>Cladonia</i> sp.	1			1					1				
<i>Collema flaccidum</i> (Ach.) Ach.	1	1											
<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale					1		1		1				
<i>Gyalecta schisticola</i> Werner	1	1	1	1		1	1	1	1				
<i>Lecanora campestris</i> (Schaer.) Hue	1				1				1				
<i>L. gangaleoides</i> Nyl.		1							1				
<i>L. muralis</i> (Schreb.) Rabenh.					1						1		
<i>Lepraria</i> sp.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Leprocaulon microscopicum</i> (Vill.) Gams				1					1				
<i>Ochrolechia</i> cf. <i>parella</i> (L.) A. Massal.						1	1						
<i>Opegrapha calcarea</i> Turner ex Sm.			1			1	1	1		1		1	1
<i>Parmotrema perlatum</i> (Huds.) M. Choisy	1						1						
<i>Pertusaria</i> sp.		1	1										
<i>Pertusaria</i> gr. <i>albescens</i> (Huds.) M. Choisy & Werner							1						
<i>Physcia adscendens</i> (Th. Fr.) H. Olivier	1												
<i>P. cf. caesia</i> (Hoffm.) Hampe ex Fűrnr.					1								
<i>P. clementei</i> (Turner) Lynge	1												
<i>Psilolechia lucida</i> (Ach.) M. Choisy			1										
<i>Punctelia borrieri</i> (Sm.) Krog	1				1		1						
<i>Sarcogyne privigna</i> (Ach.) A. Massal.						1	1				1		
<i>Trapelia involuta</i> (Taylor) Hertel											1		
<i>Xanthoparmelia conspersa</i> (Elix) O. Blanco et al.	1	1					1				1		
<i>X. pulla</i> (Ach.) O. Blanco et al.											1		
<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th. Fr.					1								
<b>N° total por pieza estudiada</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

**Figura 2.** Distribución de especies líquénicas en zonas seleccionadas de las Ruinas de Santo Domingo de Pontevedra.