

Biodiversidad y colonización líquénica de algunos monumentos en la ciudad de Salamanca (España)

Bernarda MARCOS LASO

Departamento de Botánica. Facultad de Farmacia.
Universidad de Salamanca. 37007 Salamanca. España

Resumen

MARCOS LASO, B. 2001. Biodiversidad y colonización líquénica de algunos monumentos en la ciudad de Salamanca. *Bot. Complutensis* 25: 93-102.

Se estudia la biodiversidad de líquenes que crecen en dos monumentos de Salamanca, el Puente Romano y la Catedral, analizando en parte la influencia medioambiental sobre la colonización por líquenes en estos monumentos urbanos. Se presenta un catálogo de 52 especies, creciendo sobre arenisca de Villamayor, tejas, granito, esquistos y mortero como principales sustratos. De ellas, *Lecania baeomma* (Nyl.) P. James & Laundon y la liquenícola *Lecidea associata* Th. Fr. creémos que representan primeras citas para España, 24 primeras y 14 segundas citas para Salamanca.

Palabras clave: Biodiversidad, líquenes, saxícolas, monumentos, corología, Salamanca, España.

Abstract

MARCOS LASO, B. 2001. Biodiversity and lichenic growth on some monuments in Salamanca city. *Bot. Complutensis* 25: 93-102.

The lichens biodiversity of two monuments the Roman Bridge and the Cathedral of Salamanca has been studied, the medioambiental influence on the growth of lichens in this urban monuments has been partly analysed. A catalogue of 52 species growth on principal substrate sandstone of Villamayor, tile, granite, schist and cement to give. *Lecania baeomma* (Nyl.) P. James & Laundon and the lichenicolous fungi *Lecidea associata* Th. Fr. are new to Spain, 24 are new and 14 second to Salamanca.

Key words: Biodiversity, lichens, saxicolous, memorials, chorology, Salamanca, Spain.

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Salamanca, situada en el centro occidental de la Península Ibérica y a 750 m.s.n.m. presenta un clima mediterráneo continental con régimen de vientos predominantemente del Oeste. Como monumentos arquitectónicos más notables destacan el Puente Romano y el Conjunto Catedralicio. Del primero hay indicios que sitúan la fecha de construcción en el siglo I de nuestra era, en tiempos del emperador Trajano, y el segundo está formado por la Catedral Románica, que data del siglo XII y la Gótica o Catedral Nueva del XVI. Dada la antigüedad de los mismos, la biodiversidad líquénica que se ha establecido en sus materiales de construcción es notable y merece un estudio detenido, pues como se sabe, los líquenes son en parte responsables del desmoronamiento progresivo de las rocas, junto con el agua y otros factores bióticos, climáticos y medioambientales. Estos organismos son capaces de desarrollarse de manera endolítica, semiendolítica o epilítica y poseen sustancias químicas muy peculiares, por lo que pueden contribuir al deterioro tanto de tipo biofísico como bioquímico de la piedra, por ello entendemos que han de tenerse en cuenta a la hora de restaurar estos monumentos.

Se han comentado algunos resultados preliminares del deterioro ocasionado por ciertas especies que invaden la arenisca que domina en la balaustrada del Puente Romano (Marcos & Calabrese, 1999). No obstante sus arcos están contruidos de granito, o de granito y arenisca silíceas los 10 que tuvieron que ser reconstruidos en el siglo XVII a causa de la riada del año 1626. Nos ha parecido interesante contrastar estos resultados con la diversidad de líquenes que se establece en las Catedrales, en las que domina la «arenisca de Villamayor» o piedra dorada de sillería y tratamos de analizar en parte la influencia de algunos factores ambientales en la colonización de la piedra.

Como señala Arribas Moreno *et al.* (1984), desde tiempo inmemorial se viene empleando el término de «areniscas de Villamayor» no solo para la piedra de sillería extraída de las canteras de ésta localidad, sino también para las de características similares que se originaron en las fácies detríticas medias y finas del Eoceno medio y superior, bajo unas condiciones climáticas que sólo se dieron aquí en dicha edad, uno de los factores fundamentales en la formación de las rocas. La piedra está constituida por dos fracciones, una gruesa formada fundamentalmente por *cuarzo* y *feldespatos* y otra fracción fina arcillosa (Ríves & Vicente, 1993), de su composición hay que destacar según Hernández Méndez (1984) la ausencia de cemento de precipitación química, siendo como señala Vicente (1984) «la clave de la alterabilidad la naturaleza del cemento arcilloso que aglutina las partículas que la componen». Estos autores, entre otros, coinciden en la presencia en el mismo de *paligorskita*, silicato que absorbe gran cantidad de agua y sobre todo *esmectita*, arcilla expandible que varía de volumen con la humedad, lo que la hace fácil de trabajar y le confiere cierta fragilidad, poniendo de manifiesto la alteración de las zonas bajas con humedad ascendente.

Con éste estudio pretendemos explicar, al menos en parte, el deterioro de tipo biológico que sufren estos monumentos en los que domina la «piedra dorada» de Sala-

manca, también denominada «piedra franca» o «piedra rubia», debido al color que parcialmente le confieren los procesos de oxidación de los compuestos de hierro (Vicente & Brufau, 1986). Nuestro trabajo, complementa en parte, los que los autores anteriormente citados han llevado a cabo sobre las distintas formas de la alteración física y química de la arenisca tratando de explicar lo que se ha dado en llamar la «enfermedad de la piedra» y de prevenir sus efectos. El papel de los factores biológicos, apenas había sido estudiado en los monumentos de Salamanca (Grondona *et al.*, 1997; De La Torre *et al.*, 1991) y entendemos que puede ser importante. Es un hecho conocido que los hongos y los líquenes son particularmente activos en los fenómenos de disolución de los minerales (Ascaso & Galván, 1976, Ascaso *et al.*, 1993), que producen cierta biocorrosión (Gehrmann *et al.*, 1988), pero como señala Robert (1993), entre otros, la acción más espectacular es la ocasionada por los líquenes endolíticos que son capaces de excavar verdaderas galerías en las rocas, si bien su papel debe analizarse, en el caso de los monumentos históricos, en función de cada caso concreto y para las diferentes especies presentes, a fin de conocer si estos líquenes, una vez desarrollados, constituyen realmente un riesgo. Conocer las estrategias reproductivas de cada especie así como las causas de su crecimiento debe orientarnos para elegir la técnica más adecuada y prever las consecuencias si se han de eliminar (Nimis & Monte, 1988). El objetivo de este trabajo es hacer una primera aproximación al estudio de la biodiversidad líquénica que se establece en estos monumentos de la ciudad de Salamanca, el Puente Romano y el Conjunto Catedralicio.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha realizado un muestreo previo a la recolección del material, seleccionando las zonas con mayor asentamiento de líquenes, los distintos materiales y orientaciones. En el Puente Romano: la balaustrada (P) tanto en exposición horizontal como vertical Este y Oeste, está construida por bloques de arenisca de Villamayor descrita anteriormente y por bloques de arenisca silíceas de Salamanca que es más dura y de grano más grueso, con colores desde rojizos a blancos y ocreos, al parecer con pocos feldspatos, casi todos los granos de *cuarzo* y de cemento *ópalo* y algo de arcilla o *caolín* incluso localmente *aluminita*, muy ácida hasta de pH 3; mortero (M) de unión, en cuya composición entra cal; y los arcos con los salientes basales de los pilares de granito (GP), del que se han encontrado hasta cinco tipos, desde los muy oscuros casi negros baugneríticos hasta leucogranitos con mica blanca o *moscovita*, si bien predominan los de tipo granodiorítico o granitos intermedios. En el Conjunto Catedralicio, que como hemos indicado es de arenisca de Villamayor: los contrafuertes verticales y balaustrada del ábside de la Catedral Nueva en exposición Oeste (Ca); algunos de los escasos esquistos (E) de la cornisa; las partes bajas de las paredes y contrafuertes hasta tres o cuatro metros de altura sobre el suelo (Cb), principalmente las situadas en exposición Norte que delimitan con la denominada Plaza de Anaya, en torno a los salientes inclinados, siendo éstos sin duda los más expuestos al polvo y al arrastre de nutrientes del

asentamiento de pájaros y de cal del mortero; algún enclave en otras paredes en exposición Oeste de la calle Tentenecio menos afectada por los líquenes, y el tejado (TC) con tejas de arcilla roja.

Las recolección se hizo principalmente por fragmentos de láminas de piedra semi desprendidos y raspado a espátula, utilizando lupa manual, procurando no dañar los bloques, no obstante nos hemos fijado en la abundancia o escasez de las especies y el recubrimiento aproximado de los talos líquénicos, que llega a ser considerable para algunas de las especies. Posteriormente el material se ha determinado en el laboratorio por los métodos tradicionales de microscopía óptica y con los reactivos y claves habituales para líquenes, tales como: Clauzade & Roux (1985), Ozenda & Clauzade (1970), Poelt (1969), Purvis *et al.* (1992) y Wirth (1980), entre otras, refiriendo la calificación ecológica de las especies a este último y la nomenclatura de las mismas a Nimis (1993). Los especímenes se hallan depositados en el Herbario de la Universidad de Salamanca (SALA Lich.).

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Hasta el momento, se han identificado unas 52 especies sobre distintos substratos, como se puede observar en la tabla 1, de las cuales 51 corresponden a hongos liquenizados o líquenes: *Acarospora fuscata* (Nyl.) Arnold, #*A. veronensis* Massal., #*Aspicilia* sp. aff. *caesiocinerea* (Malbr.) Arnold, **A. contorta* ssp. *hoffmanniana* Ekman & Fröberg, #*Caloplaca arenaria* (Pers.) Müll. Arg., **C. citrina* (Hoffm.) Th. Fr., **C. coronata* (Krempelh. ex Koerber) Steiner, **C. chrysoleta* (Räsänen) Dombr., #*C. decipiens* (Arnold) Blomb. & Forss., **C. ferrarii* (Bagl.) Jatta, **C. flavovirescens* (Wulfen) Dalla Torre & Sarnth., *C. holocarpa* (Ach.) Wade, **C. irrubescens* (Arnold) Zahlbr., **C. lithophila* Magnusson, **C. proteus* Poelt, **C. saxicola* (Hoffm.) Nordin, #*C. subpallida* Magnusson, **C. teicholyta* (Ach.) Steiner, #*C. xantholyta* (Nyl.) Jatta, #*Candelariella aurella* (Hoffm.) Zahlbr., **C. medians* (Nyl.) Sm., *C. vitellina* (Hoffm.) Müll. Arg., **Diplotomma ambiguum* (Ach.) Flagey, ***Lecania* cf. *baeomma* (Nyl.) P. James & Laundon, **L. erysibe* (Ach.) Mudd., **L. rabenhorstii* (Hepp) Arnold, #*L. turicensis* (Hepp) Müll. Arg., **Lecanora albescens* (Hoffm.) Branth. & Rostr., **L. crenulata* Hooker, #*L. dispersa* (Pers.) Sommerf., #*L. gangaleoides* Nyl., **L. helicopsis* (Wahlenb.) Ach., *L. muralis* (Schreber) Rabenh., **L. prominens* Clauz. & Vezda, **Lecidella carpathica* Körber, *Phaeophyscia nigricans* (Flörke) Moberg, *Phaeophyscia orbicularis* (Necker) Moberg., *Physcia caesia* v. *caesiella* (B. de Lesd.) Clauz. & Roux, *Physcia dubia* (Hoffm.) Lettau, *Physconia grisea* (Lam.) Poelt ssp. *grisea*, *Ramalina polymorpha* (Liljeblad) Ach., **Rinodina beccariana* Bagl. v. *beccariana*, **R. confragosa* (Ach.) Körber, #*R. gennarii* Bagl., #*R. occulta* (Körber) Sheard, #*Sarcogyne privigna* (Ach.) Massal., **Sarcogyne regularis* Körber, #*Schaereria fuscocinerea* (Nyl.) Clauz. & Roux, #*Thelidium* cf. *decipiens* (Nyl.) Krempelh. y **Verrucaria viridula* (Schrader) Ach. y una especie liquenícola sobre *Phaeophyscia nigricans*: ***Lecidea associata* Th. Fr. De ellas, las especies señaladas con as-

Tabla 1

Tabla sintética de las especies de líquenes que crecen (+) sobre arenisca de la balaustrada del Puente (P); arenisca del Conjunto Catedralicio: (Cb) parte baja de las paredes y contrafuertes hasta 4-5 m., (Ca) paredes y balaustrada del ábside de la Catedral Nueva; sobre tejas de la Catedral (TC); sobre granito de los arcos del puente (GP); en esquistos fragmentarios del ábside de la Catedral Nueva (E) y en mortero o cemento (M) del Puente

Substrato	P	Cb	Ca	TC	GP	E	M
<i>Acarospora fuscata</i>	+						
<i>A. veronensis</i>	+						
<i>Aspicilia</i> sp. aff. <i>caesiocinerea</i>	+		+		+		+
<i>A. contorta</i> ssp. <i>hoffmanniana</i>	+				+		
<i>Caloplaca arenaria</i>	+		+				
<i>C. chrysodeta</i>			+				+
<i>C. citrina</i>		+			+		+
<i>C. coronata</i>	+						
<i>C. decipiens</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>C. ferrarii</i>							+
<i>C. flavovirescens</i>			+				
<i>C. holocarpa</i>			+				+
<i>C. irrubescens</i>			+				
<i>C. lithophila</i>							+
<i>C. proteus</i>	+						
<i>C. saxicola</i>		+			+		+
<i>C. subpallida</i>	+		+				+
<i>C. teicholyta</i>	+	+	+	+			+
<i>C. xantholyta</i>	+	+					
<i>Candelariella aurella</i>	+						+
<i>C. medians</i>		+		+	+		
<i>C. vitellina</i>	+				+		
<i>Diplotomma ambiguum</i>			+	+			
<i>Lecania</i> cf. <i>baeomma</i>		+					
<i>L. erysibe</i>	+	+					+
<i>L. rabenhorstii</i>		+			+		
<i>L. turicensi</i>	+				+		+
<i>Lecanora albescens</i>		+					+
<i>L. crenulata</i>		+					+
<i>L. dispersa</i>	+	+		+	+		+
<i>L. gangaleoides</i>	+						
<i>L. helicopsis</i>				+			
<i>L. muralis</i>	+	+		+	+		+
<i>L. prominens</i>						+	
<i>Lecidea associata</i>	(+)						
<i>Lecidella carpatica</i>	+		+				
<i>Phaeophyscia nigricans</i>	+	+	+		+		+
<i>Ph. orbicularis</i>	+	+	+	+			+
<i>Physcia caesia</i> v. <i>caesiella</i>				+			
<i>Ph. dubia</i>	+						
<i>Physconia grisea</i> ssp. <i>grisea</i>	+	+		+			
<i>Ramalina polymorpha</i>	+		+	+			
<i>Rinodina beccariana</i> v. <i>beccariana</i>			+				
<i>R. confragosa</i>			+				
<i>R. gennarii</i>	+	+	+			+	+
<i>R. occulta</i>	+		+		+		
<i>Sarcogyne privigna</i>	+						
<i>S. regularis</i>							+
<i>Schaereria fuscocinerea</i>	+						
<i>Thelidium</i> cf. <i>decipiens</i>	+						
<i>Verrucaria viridula</i>							+
Comunidades de algas y briófitos							
<i>Phormidium autumnale</i>		+			+		
<i>Tortula muralis</i>	+	+		+	+		

terisco (*), a pesar de ser más o menos comunes, creemos que representan a su vez primeras citas para Salamanca, donde los trabajos sobre líquenes han sido preferentemente de epífitos (Marcos, 1986); las marcadas con (#) creemos que son segundas citas, por lo que entendemos que con éste se amplía considerablemente el catálogo de líquenes de nuestra provincia y las señaladas (**) creemos que son primeras citas para España y por ello de interés corológico. También se ha encontrado algunos musgos como *Tortula muralis* Hedw., especie común en zonas urbanas, a menudo junto con la cianofícea *Phormidium autumnale* (Ag.) Gom. y otras algas. Estas forman comunidades a modo de costras negras o verdosas, en zonas sombrías orientadas al Norte, sometidas a las salpicaduras del agua de escorrentía de las gárgolas, por lo que permanecen húmedas más tiempo y constituye el hábitat propio para el desarrollo de ésta especie. Estas comunidades aparecen tanto sobre arenisca de la Catedral como en granito del Puente.

El recubrimiento de líquenes sobre ambos monumentos varía en los distintos materiales de construcción, según se observa a simple vista. Sobre arenisca del Puente el recubrimiento líquénico en exposición horizontal era en la balaustrada del 99 % en ambos tipos de arenisca, cubriendo apenas un 10 a 15 % de la superficie en los márgenes de la calzada, debido sin duda al tránsito, mientras en verticalidad era de un 80 % en exposición Oeste y de un 70 % en orientación Este. En las paredes verticales de la Catedral, por el contrario, el recubrimiento de líquenes es casi nulo en exposición Este y Sur, apenas se manifiesta un 5 % de recubrimiento en exposición Oeste y entre 1 a 4 metros de la base, siendo las de orientación Norte las más pobladas hasta unos 5 m. de altura, con un recubrimiento aproximado del 70 % y forma una franja horizontal en torno a los salientes basales de las paredes; por encima de dicha franja la presencia de líquenes es inaparente.

Sobre granito, que integra los arcos y los salientes de los pilares del Puente, apenas se pueden observar especies a simple vista, solo un 0,5 % de recubrimiento. Éste se hace algo aparente en los salientes de los pilares en exposición Este y Oeste, con talos apenas desarrollados. Las especies suelen coincidir con las que se desarrollan por encima en la balaustrada. Entendemos que la dureza de este material de tipo granodiorítico, dificulta la penetración de las hifas fúngicas. No obstante la alteración del granito suele manifestarse por la forma redondeada de los bloques hacia los extremos del puente, a ellos no suele llegar el agua del río y quedan junto a la carretera, por lo que se verían más afectados por la contaminación del tráfico rodado. En ellos se da cierto desmoronamiento y solo se aprecian algunos briófitos y algas, son los granitos de grano grueso. Esta alteración parece similar a la observada por Prieto *et al.* (1995) en algunos granitos de las iglesias de los alrededores de Santiago.

Sobre el tejado de arcilla roja, los líquenes alcanzan un recubrimiento del 35 % hacia la vertiente Sur y casi de un 50 % hacia la vertiente Norte, siendo menos significativas la Este y Oeste por la escasa disposición de las tejas en estos sentidos. En los raros esquistos de la cornisa no alcanza más de un 0,5%.

Especies crustáceas y más o menos silíceas de los géneros *Acarospora*, *Aspicilia*, *Caloplaca*, *Candelariella*, *Lecania*, *Lecanora*, *Lecidella*, *Rinodina*, *Sarcogyne* y *Thelidium* son las más abundantes y mejor desarrolladas sobre arenisca de ambos tipos del

Puente. De ellas, las que la desgranar en mayor grado son las de talo endolítico o semiendolítico, en especial *Aspicilia* sp. aff. *caesiocinerea*, la más agresiva en la superficie horizontal de la balaustrada, pues horada bloques enteros, alcanzando hasta 1,5 m², si bien su talo de color gris es poco perceptible en ocasiones, junto con *Caloplaca arenaria*, *Lecania erysibe*, *Lecanora crenulata*, *L. dispersa*, *Rinodina gennarii*, *R. occulta*, *Sarcogyne privigna* v. *privigna*, *Thelidium* cf. *decipiens*, entre otras (tabla 1), que se manifiestan como un mosaico de colores variados. Otras especies también silíceas como: *Acarospora fuscata*, *A. veronensis*, *Aspicilia contorta* ssp. *hoffmanniana*, *Caloplaca coronata*, *Candelariella vitellina*, *Lecania turicensis*, *Lecanora muralis*, *L. gangaleoides*, *Schaereria fuscocinerea*, o las subneutras *Caloplaca decipiens*, y *Physciaceas* de talos foliáceos, consideramos que son menos agresivas, al menos a corto plazo; cuando están húmedas es fácil levantar una costra de estos mosaicos de líquenes con una espátula, en parte parecen proteger la piedra superficialmente de otras agresiones medioambientales, cuando menos durante años. Autores como Ariño *et al.* (1995) señalan más deterioro en las losas sin cobertura de líquenes en el pavimento de arenisca de Baelo Claudia (Cádiz), que en las pobladas.

Por el contrario, la balaustrada más delgada (10 cm. de grosor) del ábside de la Catedral Nueva, más expuesta sin duda a la acción del viento (Ca en tabla 1), está invadida por especies grisáceas a verdosas de *Rinodina* tales como: *R. beccariana* v. *beccariana*, *R. confragosa*, *R. gennarii*, y *R. occulta*, son pues las que han horadado más la superficie vertical y horizontal, sobre todo en exposición Oeste, no obstante también se sitúan en menor extensión *Aspicilia* sp. aff. *caesiocinerea* y menos agresivas *Caloplaca arenaria*, *C. chrysodeta*, *C. decipiens*, *C. holocarpa*, *C. subpallida*, *C. teicholyta*, *Diplotomma ambiguum*, *Lecidella carpathica*, *Phaeophyscia nigricans*, *Physcia orbicularis* y *Ramalina polymorpha*. En los contrafuertes y paredes verticales del ábside, junto a éstas especies, pero sin mostrar a penas horadación en la arenisca, se instalan *Caloplaca irrubescens* y *C. flavovirescens*, más o menos subneutrófilas de tonos anaranjados, ampliamente desarrolladas, que no se han detectado en las partes bajas ni en el Puente. Por otra parte la mayoría de las especies nitrófilas que aparecen abajo no se manifiestan en esta zona. Las cúpulas de piedra, de las torres de ambas catedrales, son la base del asentamiento de las comunidades enriquecidas en nutrientes de *Ramalina polymorpha*, siendo ésta prácticamente la especie dominante en ellas. En las tejas se manifiestan junto a esta especie en mayor abundancia: *Caloplaca decipiens*, *C. teicholyta*, *Candelariella medians*, *Diplotomma ambiguum*, *Lecanora muralis*, *L. dispersa*, *L. helicopsis*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia caesia* v. *caesiella* y *Physconia grisea* ssp. *grisea*, entre otras, nitrófilas, basófilas y bastante a muy fotófilas, favorecidas por las deposiciones de las aves, la exposición casi horizontal con ligera inclinación y el substrato arcilloso y por tanto algo calizo. En los esquistos o pizarras, muy escasos en la cornisa del ábside de la Catedral, hemos encontrado *Lecanora prominens* que no aparece en otros materiales, junto a *Caloplaca decipiens* común en todos los substratos y *Rinodina gennarii* como especies más representativas.

La parte baja y entorno a los contrafuertes de las paredes de la Catedral está poblada, en orientación Norte, por especies también nitrófilas y basófilas: *Caloplaca ci-*

trina, *C. decipiens*, *C. teicholyta*, *C. saxicola*, *Candelariella medians* bien desarrollada e incluso fértil, *Lecania* cf. *baeomma*, *L. erysibe*, *Lecania rabenhorstii*, *Lecanora albescens*, *L. crenulata*, *L. dispersa*, *L. muralis*, las foliáceas *Phaeophyscia nigricans*, *P. orbicularis*, *Physconia grisea*, así como *Rinodina gennarii*, junto con *Tortula muralis* donde hay más cúmulo de polvo. Se sitúan entre 0,5 a 1 y hasta 4 ó 5 m. del suelo. En cambio, en exposición Oeste las más frecuentes son: *Lecanora crenulata* la más agresiva por su talo más o menos endolítico, *Rinodina gennarii* abundante, *Lecania rabenhorstii*, *Caloplaca citrina*, siendo más escasas *Candelariella medians*, *Caloplaca teicholyta*, *C. saxicola* y *Lecanora albescens*. La presencia de estas especies, incluso basófilas y propias de substratos calcáreos, en las partes bajas de las paredes, entendemos que es debida al contenido de cal de los morteros empleados en la construcción, que sin duda son arrastrados por el agua y a las condiciones nitrófilas y antropozóicas que se manifiestan más en estos sectores de orientación Norte en la Plaza de Anaya. Son propias de las comunidades de *Caloplacion decipientis* Klement 1955, que se han descrito por autores como Deruelle & Lallemand (1979) para la basílica de Notre Dame de l'Épine de piedra calcárea, y guardan cierto parecido con las descritas por Barquin & Terrón (1997, -99) de la Catedral de León de piedra de Boñar, pero que se instalan cuando se dan condiciones más o menos nitrófilas. En los tajamares de arenisca silíceo del Puente, se dan también en exposición vertical variaciones de estas comunidades con *Pyscia dubia*, más bien silíceo, *Physconia grisea*, *Phaeophyscia nigricans*, *P. orbicularis* y sobre estas dos últimas, la líquenícola *Lecidea associata*, entre otras especies. En las principales portadas de las Catedrales, como ya hemos comentado, la alteración más evidente es la ocasionada por la humedad ascendente en las partes bajas, estudiada con anterioridad por otros autores l.c., que ocasiona el desmoronamiento de la piedra, siendo este, a nuestro entender, el motivo principal por el cual no se establecen en ellas los líquenes, aun cuando las partes no desmoronadas también están despobladas, debido a la porosidad de la piedra que permite que el agua escurra pronto y se deseque.

Los morteros, donde se manifiestan más exteriormente es en la balaustrada del Puente, y en general están también colonizados por especies calcícolas y más o menos nitrófilas (tabla 1), tales como: *Caloplaca chrysodeta*, *C. citrina*, *C. decipiens*, *C. flavovirescens*, *C. lithophila*, *C. saxicola*, *C. teicholyta*, *Candelariella aurella*, *C. vitellina*, *Lecania turicensis*, *Lecanora albescens*, *L. crenulata*, *L. dispersa*, *Phaeophyscia nigricans*, *Sarcogyne pruinosa* y *Verrucaria viridula*, entre otras. En granito se presentan talos incipientes de: *Aspicilia* aff. *caesiocinerea*, *Caloplaca citrina*, *C. saxicola*, *Candelariella medians*, *C. vitellina*, *Phaeophyscia nigricans*, *Lecania turicensis*, *L. rabenhorstii*, *Lecanora dispersa*, *Lecanora muralis* y *Rinodina occulta*, muchas de las especies que se instalan por encima sobre arenisca y mortero, como puede verse en la tabla 1 y hemos indicado anteriormente. Estos líquenes aún cuando fértiles algunos, su número es más reducido y su desarrollo es muy escaso, 0,1 a 0,5 mm Ø, entendemos que sea debido a que no es un granito exfoliable sino muy duro y nada poroso, como corresponde al tipo granodiorítico de mica blanca, lo que dificulta, a nuestro entender, la penetración de hifas. La parte no expuesta de los arcos está desprovista de líquenes.

Para concluir, entre los factores más influyentes en la distribución y crecimiento de los líquenes en nuestros monumentos, entendemos que están: las condiciones antropozoicas sobre el tipo de sustrato, la orientación y la exposición a la luminosidad, la humedad, así como al viento predominante del Oeste, a pesar de que no suele ser fuerte en nuestras latitudes. Así en el Puente Romano de unos dos milenios de antigüedad y al estar situado a las afueras, el recubrimiento por líquenes de la balaustrada, de casi un metro de anchura, prácticamente es total y algunas especies invaden bloques enteros. Hay mayor desarrollo de las especies líquénicas en exposición horizontal que vertical, debido a que el agua de lluvia en las paredes verticales escurre pronto y la roca se deseca antes de estar también más expuestas al sol y al viento; la iluminación es más constante, al estar en una zona abierta no rodeada de edificios. Dada la porosidad de la piedra, un mayor cúmulo del agua de lluvia o de la humedad ambiental y la niebla, se deposita sin duda en mayor medida en las superficies horizontales y sobre el río en otoño e invierno. Por el contrario, la mayor parte de las paredes de la Catedral, que se halla en el interior del núcleo urbano y su construcción es más reciente, aparentemente casi no tienen, lo que indica una buena conservación de la piedra de Villamayor en el ambiente seco, soleado y sin grave contaminación atmosférica de nuestra ciudad, en concordancia con los estudios de Rives & Vicente (1993), quienes también señalan el deterioro de las zonas azotadas por el viento y la lluvia en otros monumentos.

AGRADECIMIENTOS

Al C.S.I.C. y a la DGICYT por la concesión de los proyectos PB92-0795-C02-02 y PB95-0272-C02-02 dentro de los cuales se enmarca en parte este trabajo, a los Drs.: M. A. Vicente, cuyo reciente fallecimiento sentimos profundamente y E. Molina, por habernos asesorado en lo referente a aspectos químicos y estructurales del sustrato, así como al Cabildo Catedralicio y a los encargados de la restauración por habernos facilitado el acceso a la toma de muestras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARIÑO, X., ORTEGA-CALVO, J. J., GÓMEZ-BOLEA, A., SAIZ-JIMÉNEZ, C. (1995). Lichen colonization of the Roman pavement at Baelo Claudia (Cádiz, Spain): biodeterioration vs. bioprotection. *The Science of the Total Environment*, 167: 353-363.
- ARRIBAS MORENO, A., POLO DíEZ, V. & JIMÉNEZ FUENTES, E. (1984). *La «enfermedad de la piedra» en la arenisca de Villamayor» diagnóstico, tratamiento y conservación*. Ed. Caja de Ahorros y M. P. de Salamanca. Serie monografías, n.º 3, 5-169.
- ASCASO, C. & GALVÁN, J. (1976). Studies on the pedogenic action of lichens acids. *Protoplasma*, 16: 721-731.
- ASCASO, C., VIZCAYNO, C. & GARCÍA GONZÁLEZ, M. T. (1993). Biodeterioration produced by *Lecanora albescens* (Hoffm.) Branth & Rostr. on the Silos Monastery. En: VICENTE *et al.* *Alteración de granitos y rocas afines*. C.S.I.C.: 181-185. Madrid.
- BARQUIN, P. & TERRÓN, A. (1997). Lichen communities in the cathedral of Leon. *Aerobiología*, 13: 191-197.

- BARQUIN, P. & TERRÓN, A. (1999). Análisis ecológico de las comunidades líquénicas de la Catedral de León (España). *Cryptogamie Mycol.*, 20(1): 41-47.
- CLAUZADE, G. & ROUX, C. (1985). Likenoj de okcidenta Europo. Ilustrita determinlibro. *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest. Nouv. sér. N.º Spécial*, 7: 893 p. Royan.
- DERUELLE, S & LALLEMANT, R. (1979). La végétation lichénique de la basilique Notre Dame de L'Epine (Marne). *Documents Phytosociol.*, 4: 217-234.
- DE LA TORRE, M. A., GÓMEZ-ALARCÓN, G., MELGAREJO, P. & SAIZ-JIMÉNEZ, C. (1991). Fungi in weathered sandstone from Salamanca cathedral, Spain. *The Science of the Total Environment*, 107: 159-168.
- GEHRMANN, C., KRUMBEIN, W. E. & PETERSEN, K. (1988). Lichen weathering activities on mineral and rock surfaces. *Studia Geobot.*, 8: 33-45. Trieste.
- GRONDONA, I., MONTE, E., RIVES, V. & VICENTE, M. A. (1997). Lichenized association between *Septonema tormes* sp. nov., a coccoid cyanobacterium, and a green alga with an unforeseen biopreservation effect of Villamayor sandstone at Casa Lis of Salamanca, Spain. *Mycol. Res.*, 101 (12): 1489-1495.
- HERNÁNDEZ MÉNDEZ, J. (1984). *Alteraciones de las areniscas de Villamayor: causas y soluciones*. Ed. Caja de Ahorros y M. P. de Salamanca. Serie Monografías, n.º 3, 171-314.
- MARCOS, B. 1986. *Flora y vegetación líquénica epifítica de las sierras meridionales salmantinas*. Ser. Res. Tesis Doct. Univ. Salamanca. 46 p.
- MARCOS, B. & CALABRESE, G. M. (1999). *Aspicilia* sp. close to *A. caesiocinerea* (Nyl. ex Malbr.) Arnold the main agent responsible for the degradation of the sandstone of the Roman Bridge in Salamanca (Spain). *XIII Congress of European Mycologists*. Abstracts: 83.
- NIMIS, P. L. (1993). *The lichens of Italy*. Mus. Reg. Sc. Nat. Torino. Monografía XII. 897 pp.
- NIMIS, P. L. & MONTE, M. (1988). The lichen vegetation on the Cathedral of Orvieto (Central Italy). *Studia Geobot.*, 8: 77-87. Trieste.
- OZENDA, P. & CLAUZADE, G. (1970). *Les Lichens étude biologique et flore illustrée*. Ed. Masson & Cie. 801 p. Paris.
- POELT, J. (1969). *Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten*. 757 s. Ver. J. Cramer. Vaduz.
- PURVIS, O. W., COPPINS, B. J., HAWKSWORTH, D. L., JAMES, P. W. & MOORE, D. M. (1992). *The lichen of Great Britain and Ireland*. Nat. Hist. Mus. Publ. 710 p. London.
- PRIETO, B., RIVAS, T., SILVA, B., CARBALLAL, R. & SÁNCHEZ BILMA, M. J. (1995). Étude écologique de la colonisation lichénique des églises des environs de Saint-Jacques-de-Compostelle (NW Espagne). *Cryptogamie, Bryol. Lichénol.*, 16(3): 219-228.
- RIVES, V. & VICENTE, M. A. (1993). Formas de alteración de la arenisca de Villamayor en distintos microambientes de edificios salmantinos. En: *Alteración de granitos y rocas afines*. C.S.I.C.: 75-83. Madrid.
- ROBERT, M. (1993). Role du facteur biologique dans la dégradation des roches et des monuments. En: Vicente *et al.* *Alteración de granitos y rocas afines*, C.S.I.C.: 103-113. Madrid.
- VICENTE, M. A. (1984). *Contribución al estudio de las causas de alteración de la piedra de Villamayor en edificios salmantinos y de los posibles métodos de corrección*. Ed. Caja de Ahorros y M. P. de Salamanca. Serie monografías, n.º 3: 421-475.
- VICENTE, M. A. & BRUFAU, A. (1986). Weathering of the Villamayor arkosic sandstone used in buildings, under a continental semi-arid climate. *Applied Clay Science*, 1: 265-272.
- WIRTH, V. (1980). *Flechtenflora*. 552 p. Ver. E. Ulmer. Stuttgart.

Original recibido: 18 de Diciembre de 2000

Versión final recibida: 18 de Julio de 2001