

Colonización liquénica de la Catedral de León



*Pilar Barquín Sainz de la Maza,
**Arsenio Terrón Alfonso

*Departamento de Biología Vegetal.
Facultad de Biología. Universidad de León.
Campus de Vegazana. 24071 León (España).
E-mail: *dbvpbs@unileon.es
**dbvata@unileon.es*

INTRODUCCIÓN

Los estudios ecológicos referidos a la colonización liquénica de los materiales de construcción de los monumentos, en especial los de naturaleza pétrea, nos permiten identificar los principales factores ambientales que inciden en un mayor crecimiento de este tipo de vegetación y así determinar el grado de implicación de la misma en la alteración de estos materiales. Este es un tema que ha sido muy discutido desde finales del siglo XIX. Actualmente, y a pesar de la existencia de numerosos trabajos que evidencian este deterioro, este hecho continúa cuestionándose debido a la doble acción que realizan los líquenes; por un lado como organismos deteriorantes y por otro lado protegiendo a la roca frente a factores ambientales (contaminación, agentes atmosféricos, etc.).

Este tipo de estudios deben entenderse como una fase preliminar e imprescindible para llevar a cabo el análisis de los efectos que este tipo de vegetación produce sobre los materiales pétreos de los monumentos, y obtener así una información que permita proponer las actuaciones más adecuadas en una futura restauración y poder realizar una correcta intervención.

Los líquenes actúan como agentes biológicos causantes de la alteración de los materiales sobre los que se asientan; éstos, debido a la gran amplitud de nichos ecológicos sobre los que pueden desarrollarse, son los principales colonizadores de superficies aparentemente desnudas y formadores de suelo a partir de la disgregación de los diferentes componentes de los sustratos, facilitando posteriormente, la colonización a otros organismos (GARCÍA ROWE & SÁIZ JIMÉNEZ, 1991), como briófitos y cormófitos, que a su vez son responsables de otras formas de alteración para los materiales de construcción de los monumentos.

La alteración causada por los líquenes en los monumentos es debida a un conjunto de procesos erosivos. Por un lado se produce una alteración química, que implica la transformación del sustrato a través de reacciones entre los compuestos eliminados por los talos líquénicos (CO_2 , ácido oxálico, ácido lobárico, ácido fósico, etc.) y algunos componentes minerales de los materiales pétreos (SYERS & ISCANDAR, 1973); por otro lado, los procesos de alteración física debidos a varios factores: movimientos de expansión y contracción del talo como consecuencia de un mayor o menor estado de hidratación y la acción de las hifas o de las rizinas de algunos líquenes foliáceos, en la roca, cuya profundidad de penetración varía según la especie implicada, el tipo de talo y la composición mineralógica del sustrato (SMITH, 1921).

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio se ha realizado en León y más concretamente en su Catedral, cuya construcción se inicia hacia mediados del siglo XIII por el arquitecto Maestre Enrique, respondiendo fielmente, la planta, estructura y forma de las capillas al estilo propio de su época, el gótico (NAVASCUES, 1993).

La calidad de la piedra y la mala cimentación de la construcción original son las causas que han hecho que desde el siglo XV y hasta la actualidad este edificio haya sufrido constantes intervenciones y restauraciones, lo que ha originado que a lo largo de casi cinco siglos se hayan ido añadiendo diferentes partes a la construcción original (RIVERA BLANCO, 1992).

El área de estudio se ha limitado al ábside de la Catedral (Foto 1), realizando los inventarios sobre las siguientes estructuras: contrafuertes (Foto 2), vierteaguas (Foto 3), crestería del ábside (Foto 4) y crestería de la Capilla de Santiago (Foto 5).



1



2

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Los materiales utilizados en la construcción de las zonas estudiadas son, mayoritariamente, dos tipos de rocas (MARCOS, 1992):

Piedra de Boñar; se trata de una dolomía cuya composición mineralógica media es: dolomita 89%, calcita 9% y cuarzo 2 %. Esta roca se encuentra en los contrafuertes, vierteaguas y la crestería de la capilla de Santiago.



3, 4

Piedra de Hontoria; es una caliza cuya composición mineralógica es del 100 % calcita. Esta piedra se encuentra en la crestería del ábside y en los contrafuertes.



MATERIAL Y MÉTODOS

Inventariado de la Vegetación Liquélica

Tras el conocimiento previo de la vegetación líquénica presente en el área de estudio, se ha procedido a realizar el inventariado de esta vegetación, se ha realizado una selección de las zonas a muestrear en base a que éstas presenten diferentes inclinaciones, exposiciones y que se situaran en distintas estructuras de la Catedral, con el objetivo de obtener una información, lo más amplia posible, de todas las caracte-

rísticas ambientales que actúan sobre el crecimiento y desarrollo de la vegetación líquénica (BARQUIN & TERRON, 1996)

Los inventarios se han realizado sobre papeles de acetato milimetrados, en los cuales se ha dibujado el contorno del talo de los distintos taxones, obteniendo así una representación gráfica de la estructura de la comunidad. La superficie inventariada ha sido de 400 cm²; área mínima aconsejada para comunidades líquénicas de características similares, es decir comunidades donde las especies dominantes son líquenes de talo crustáceo, (ROUX, 1981).

Índices utilizados

Una vez realizados los inventarios y después de haber anotado el biotipo y la presencia/ausencia de estructuras reproductoras (fertilidad), en el laboratorio se han elaborado los índices de cobertura, dominancia y abundancia.

Las medidas de la cobertura se han realizado mediante el sistema de análisis de imagen (VIDAS), cuyo programa permite obtener una cuantificación morfométrica exacta de cada uno de los talos líquénicos presentes en el inventario.

Además, a cada taxon se le han asignado los índices ecológicos propuestos por WIRTH (1980), pH, nitrofitismo, fotofitismo e higrofitismo. A través de los valores de estos índices, se han calculado los valores medios de éstos para cada inventario, según el método propuesto por MONTE (1991) con modificaciones propias.

$$\bar{X} = \frac{\sum \text{Frecuencia de cada clase} \times \text{Valor asignado a cada clase}}{\sum \text{Frecuencia de cada clase}}$$



5

Análisis estadístico

Con el objetivo de determinar la estructura de las comunidades líquénicas presentes en la Catedral de León y su relación con las variables ambientales que se han tenido en cuenta (índices de WIRTH, inclinación, orientación y tipo de sustrato) se ha realizado un análisis multivariante. Este análisis se ha aplicado sobre la matriz de inventarios y especies en la que figuran los datos de cobertura (%) de cada una de las especies en cada inventario (Tabla I).

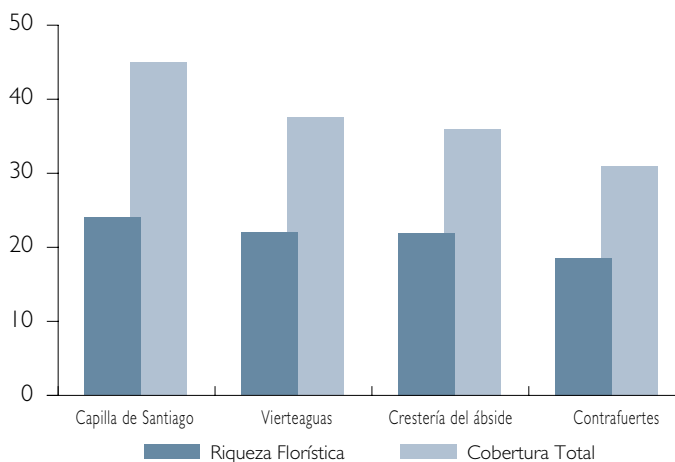
Los análisis realizados han sido:

1. Análisis de Clasificación de las especies y de los inventarios obteniendo así grupos de muestras con una composición florística similar y grupos de especies con un comportamiento ecológico semejante. Como análisis de clasificación se ha utilizado el TWINSPLAN (HILL, 1979).
2. Análisis de Ordenación de especies y de inventarios. Esta ordenación permite representar las muestras en un diagrama en el que se señala la tendencia general de los inventarios frente a las características ambientales del área de estudio. Como análisis de ordenación se han aplicado el Análisis de Correspondencias Canónicas (CCA) (TER BRAAK, 1986).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El recubrimiento líquénico en la totalidad del área inventariada es de un 36.36 %; del cual, aproximada-

Fig. 1. Riqueza florística y colonización líquénica en las cuatro áreas de muestreo



mente un 22 % se corresponde a líquenes de talo crustáceo, un 9 % a foliáceos, 4 % a leprarioides y 1.5 % a escumulosos.

Tanto la colonización líquénica como la riqueza florística de la zona de estudio, depende directamente de las condiciones microclimáticas de las estructuras muestreadas, es decir de las condiciones de luz, del grado de humedad y del pH del sustrato (Fig. 1). En el presente trabajo se ha determinado que la inclinación de los puntos de muestreos y la orientación de las estructuras muestreadas, son variables que favorecen la colonización líquénica, siendo en este caso las superficies horizontales y con orientación sur y suroeste las

Fig. 2. Dendrograma de los inventarios mediante el análisis de clasificación TWINSPLAN

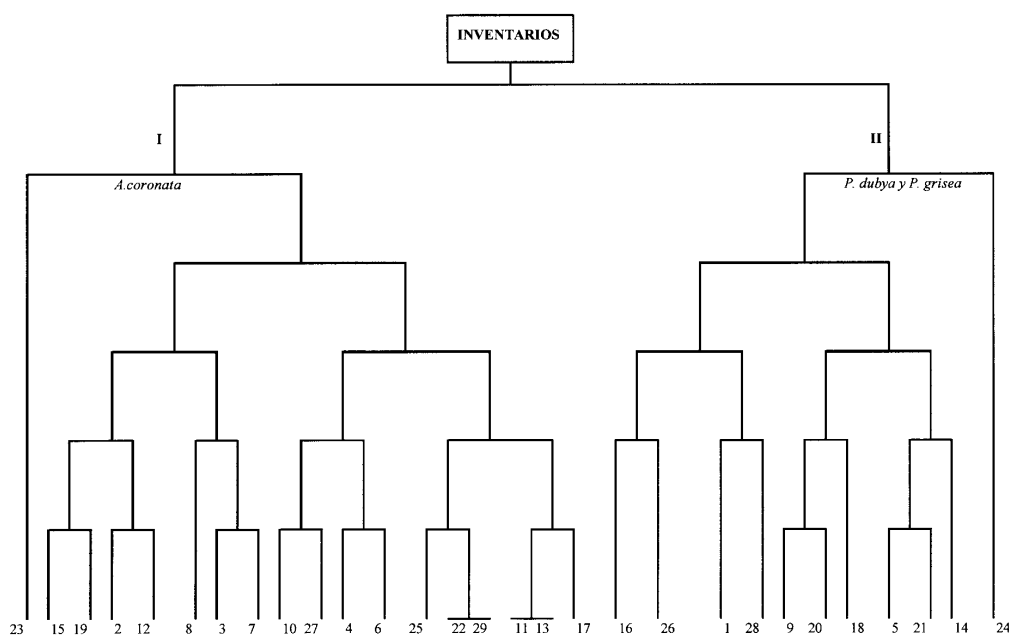


Tabla 1. Matriz de datos de cobertura (%) de cada especie liquénica en cada inventario

Especies/inventario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
Acarospora cervina	10,89									7,3																	10,14			
Aspicilia coronata	8,2		5,52	18,8	1,12	9,62	12,34			30,41	9,97		14,86	0,41		4,46	11,56					4,71				21,9	0,68		0,11	24,66
Aspicilia radiosa													4,04				2,86					11,26							3,64	
Caloplaca adriatica	0,43																					3,34			17,41	0,49	0,44	13,97		
Caloplaca arenaria	3,61		12,49	8,21		3,08	0,33			11,04	3,74		3,17			2,3	0,68				1,53		0,26	1,37	0,56	1,51	0,36	3,51		
Caloplaca chrysodeta	0,54										2,35		1,81			0,37												0,62		
Caloplaca citrina			5,96																											
Caloplaca coronata																											6,77			
Caloplaca crenulataella																	3,18													
Caloplaca velana			1,56	0,63				0,23	0,28		1,32		0,15																	
Candelaria concolor	1,14		0,23		0,23			0,91	0,27	6,44		0,93	0,44	0,52				3,95			2,53	0,37			0,44	0,05		4,41		
Candelariella aurella			4,33	0,91				3,46		0,66	0,09	0,58		0,66		1,35	1,52			0,74		1,69		6,25	1,38	8,07	1,32	1,52		
Candelariella medians						1,39								5,42		10,19										2,3	6,82			
Chrysothrix candelaris	76,1	1,63					1,47	0,74			0,38	0,8				3,55				4,43					0,32					
Lecania erysite	0,56		2,19			0,48	0,95				1,02	0,1										11,7				0,72		0,32		
Lecanora dispersa	2,4	0,98	3,16	1,41	2,66	5,02	3,78	25,07	3,07	1,44	1,96	0,58	1,65	0,53	2,04	4,81	0,03	1,34	2,96	0,32	2,92				3,91	0,17	4,34	4,58	3,94	
Lecanora muralis																15,86									3,72			0,69		
Lecanora xanthostoma																0,82									77,18		0,48			
Lecidella alaiensis v. alaiensis											9,43						0,35			0,35					0,39	3,73	3,26			
Lecidella alaiensis v. spitz																0,87														
Lecidella carpatica v. carp.	0,51																													
Leparia aeruginosa	13,0						0,76																	2,02						
Phaeophyscia nigricans													0,79																	
Phaeophyscia orbicularis	0,36										0,37					1,08	1,06	2,96		4,72		0,1				0,72		0,27		
Physcia dubia	2,18				20,9	0,52	0,1		5,65	0,16	0,17			10,8		2,54	5,6	71,13		6,57	4,07	0,42				1,26		2,03		
Physcia sp. 1																				2,71										
Physconia grisea	1,71				0,95	0,25			0,8							1,82				4,44				1,26		1,23				
Psora lurida				0,12					0,07		3,41		1,45			0,96	1,78			1,53					0,47	4,1	3,21	2,05		
Rinodina gennarii		1,5				0,62	8,08	2,71							0,09													1,54		
Rinodina tunicata													0,35			0,58					1,68				4,75		2,01	2,28		
Thelidium minimum	0,46				0,23																									
Verrucaria macrostoma																						17,83						5,92		
Xanthoria fallax	7,23	0,38	11,78	0,11	2,88			0,06		3,68	2,82	0,06	6,31	0,87		2,34	3,83			1,81			0,05	0,32	4,09	18,71	5,31			

que inciden en una mayor tasa de colonización líquénica (BARQUIN & TERRON, 1997).

Se han determinado un total de 39 taxones, pertenecientes en su mayor parte a las familias (Tabla II), *Thelochistaceae* representada por los géneros *Caloplaca* y *Xanthoria*, *Physciaceae* con los géneros *Physcia* y *Phaeophyscia* y *Lecanoraceae* representada por *Lecanora* y *Lecidella*.

Se observa un claro predominio de líquenes crustáceos epilíticos de talos areolados y coloraciones anaranjadas, acompañados de especies de biotipo foliáceo, de pequeño tamaño y coloraciones grisáceas; esta distribución de géneros coincide con la que se presenta en rocas carbonatadas y ambientes fuertemente nitrificados, características ambas a las que responde nuestra zona de estudio.

Como resultado del análisis multivariante aplicado sobre la matriz de datos, podemos decir, en líneas generales, que los líquenes presentes en nuestra zona de estudio se agrupan en dos comunidades líquénicas claramente diferenciadas. Según el análisis de clasificación TWINSpan, las dos comunidades líquénicas obtenidas son (Fig. 2):

1. La comunidad de *Aspicilia coronata*, taxón que se presenta como determinante del primer grupo de inventarios. Como especies preferenciales se encuentran *Aspicilia radiosa*, *Aspicilia coronata*, *Chrysotrix candelaris*, *Caloplaca velana*, *Caloplaca arenaria*, *Caloplaca chrysodeta*, *Rinodina gennarii* y *Rinodina tunicata*. Son generalmente especies de biotipo crustáceo, de talos anaranjados o amarillentos, típicos de sustratos calizos y muy nitrificados. Se encuentran en superficies muy expuestas a la luz, es decir, sobre superficies horizontales de ambas cresterías o en superficies

Tabla II. Familias y número de taxones presentes en la zona de estudio.

Familias	Nº de taxones
Acarosporaceae	2
Bacidiaceae	1
Candelariaceae	4
Chrysothricaceae	1
Hymeneliaceae	3
Lecanoraceae	6
Physciaceae	7
Psoraceae	1
Thelochistaceae	10
Verrucariaceae	3
Incertae Sedis	1

verticales de los contrafuertes, siendo, en este caso, los líquenes de talo leprarioide los dominantes.

2. Una segunda comunidad líquénica, cuyas especies indicadoras son *Physcia dubya* y *Phisconia grisea*. Entre los taxones preferenciales, además de los dos citados anteriormente, hay que destacar *Phaeophyscia orbicularis*, *Candelaria concolor*, *Candelariella medians* y *Lecidella alaiensis* var. *alaiensis*. Son, principalmente, líquenes de talo foliáceo o crustáceo lobulado que requieren unas condiciones microclimáticas muy afines para desarrollarse, la mayoría de estos taxones se encuentran sobre sustratos en los cuales se ha acumulado una ligera capa de materia orgánica o bien crecen sobre algunos briófitos. Son típicos de zonas ligeramente húmedas y poco luminosas, como corresponde a las estructuras sobre las que se asientan, principalmente crestería del ábside con inclinación vertical y vierteaguas.

Fig 3. Diagrama de ordenación de los inventarios en los dos primeros ejes canónicos

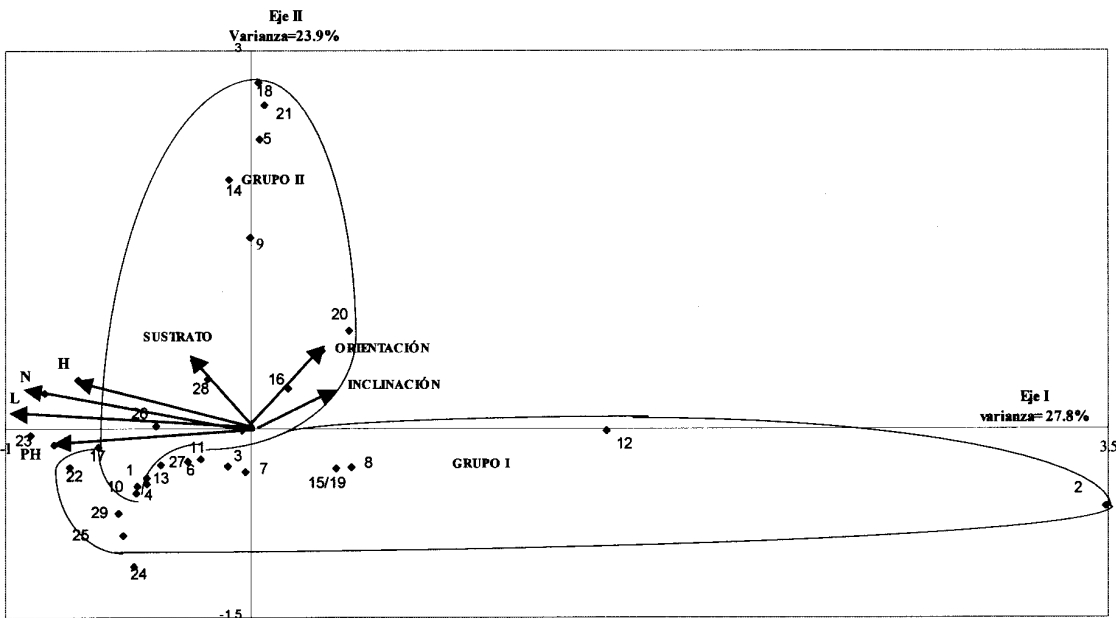


Tabla III. Correlación entre las variables ambientales y los dos primeros ejes de la ordenación.

EJES	I	II
ORIENTACIÓN	0,275	0,588
INCLINACIÓN	0,292	0,257
SUSTRATO	-0,228	0,517
PH	-0,775	-0,121
N	-0,811	0,263
H	-0,683	0,364
L	-0,9	0,107

De acuerdo con los resultados del análisis de ordenación puede verse como son el pH, nitrófitismo, higrófitismo y fotófitismo los índices responsables de la distribución de las especies en dos comunidades líquénicas diferentes, con unos valores de correlación (Tabla III) más elevados que los que se presentan para la orientación, inclinación y el sustrato. Lo que indica que la modificación en estas variables viene reflejada por la variación en los índices de Wirth, enmascarando por tanto la incidencia de las mismas.

La distribución de los inventarios en el plano definido por los primeros ejes canónicos (51.7 % de la varianza total acumulada) se ha realizado en función de los valores medios de los índices de Wirth (Fig. 3), en el lado negativo del segundo eje se localiza un grupo de inventarios neutrófilos con tendencia hacia el basofitismo, de bastante a muy nitrófilos, de mesófilos a bastante xerófilos y bastante fotófilos. Mientras que en el lado positivo de este mismo eje se sitúan un grupo de inventarios que varían de subneutrófilos a moderadamente acidófilos, de moderadamente a bastante nitró-

filos, bastante higrófilos con cierta tendencia al mesofitismo y de moderadamente a bastante esciófilos.

Estos dos grupos se pueden relacionar con los obtenidos en el análisis de clasificación, y se corresponden con las dos comunidades líquénicas descritas anteriormente.

Como complemento a este análisis, se ha realizado una ordenación de los taxones (Fig. 4), cuyos resultados han sido similares a los obtenidos en anteriores análisis; se puede ver a las especies distribuidas en dos grupos diferentes, situados uno a cada lado del segundo eje. El primer grupo, situado hacia el lado positivo de este eje, esta constituido por una comunidad líquénica con dominancia de especies foliáceas y muy nitrófilas y hacia el lado negativo de este mismo eje una comunidad líquénica en la que dominan los líquenes crustáceos de coloraciones anaranjadas y extremadamente nitrófilos.

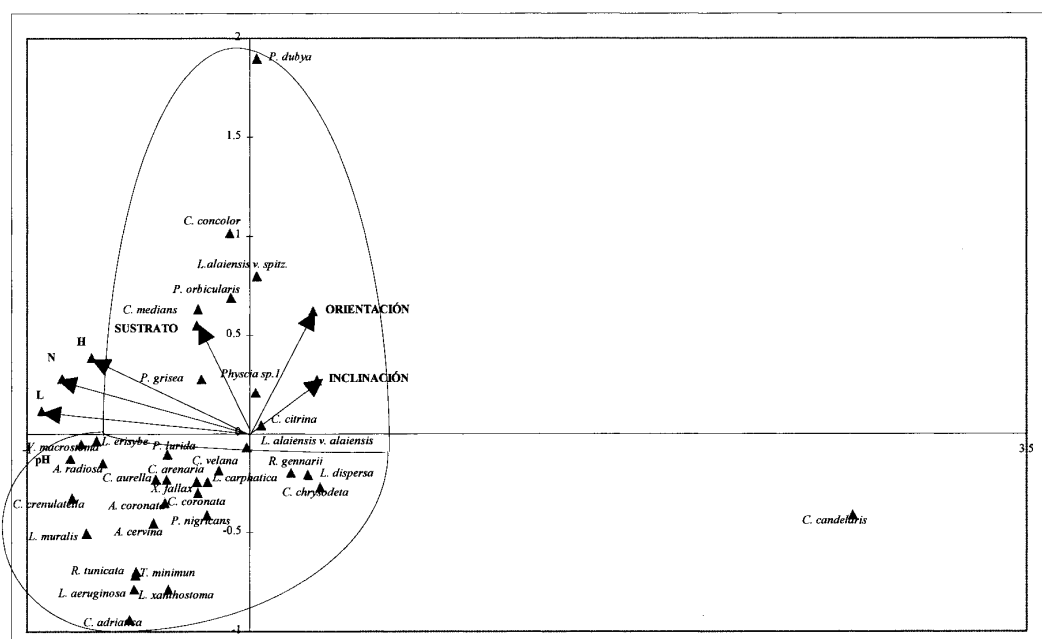
Interacción Liquen-Sustrato

Con el fin de determinar los procesos de interacción que tienen lugar entre el talo liquénico y los componentes minerales del sustrato, las muestras han sido observadas con el microscopio electrónico de barrido (MEB).

Uno de los procesos de biodeterioro de la roca es el que tiene un origen mecánico producido por la diferente forma de adherirse los líquenes al sustrato. La profundidad de penetración y el deterioro causado varía en función del tipo de talo, la especie líquenica implicada y la composición mineralógica de la roca (NIMIS et al., 1992).

Analizando los distintos biotipos liquénicos presentes en nuestra zona de estudio, se observa como los de talo foliáceo (Foto 6) penetran en el sustrato a través

Fig 4. Diagrama de ordenación de las especies en los dos primeros ejes canónicos



de sus rizinas ocasionando fisuras o grietas de mayor anchura que las que pueden originar las hifas de los talos crustáceos (Foto 7), los cuales se adhieren al sustrato por toda su superficie basal, a través de la médula o del hipotalo. En el caso de las especies de talo escuamuloso (Foto 8) se aprecia una situación intermedia entre los dos tipos descritos anteriormente.

CONCLUSIONES

La colonización líquénica del área de estudio está determinada por las diferentes variables ambientales de la zona de muestreo, siendo, principalmente, la inclinación y la orientación las que se muestran como determinantes de una diferente tasa de colonización líquénica.

La agrupación de las especies en dos comunidades líquénicas diferentes, cada una de ellas determinada por un conjunto de taxones preferenciales, es debida, principalmente, a las distintas características microclimáticas de cada una de las estructuras muestreadas. Considerando los diferentes biotipos de los taxones de las dos comunidades líquénicas resultantes del análisis estadístico, y teniendo en cuenta la proporción de especies de talos foliáceos presentes en la segunda comunidad líquénica, podríamos decir que sería ésta, la que está provocando un deterioro más fuerte al sustrato ya que la otra comunidad está compuesta principalmente por especies de talo crustáceo y leprarioides menos agresivas sobre la roca de la catedral de León.



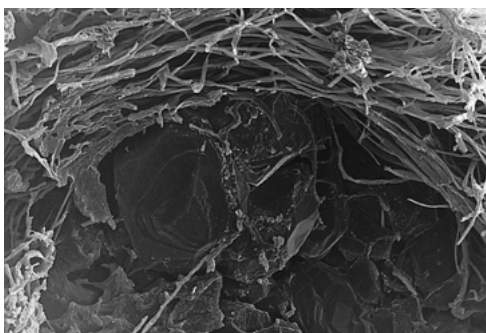
6

Physcia dubya, rizinas penetrando en el sustrato, se observan gránulos de roca adheridos a éstas.



7

Caloplaca arenaria, red de hifas penetrando através de los gránulos del sustrato.



8

Haz de hifas rodeando un gránulo del sustrato en un líquen de biotipo escuamuloso (*Acaparosa cervina*)

Referencias bibliográficas

- BARQUÍN, P. (1996). *Estudio de la Vegetación Líquénica de la Catedral de León*. Memoria de Licenciatura. Universidad de León.
- BARQUÍN, P. & A. TERRON (1997). León Cathedral lichen communities. *Aerobiologie* (en prensa)
- GARCÍA-ROWE, J. & C. SAIZ JIMÉNEZ (1991). Lichens and Bryophytes as agents of deterioration of building materials in Spanish Cathedrals. *International Biodeterioration*, 28: 151-163.
- HILL, M. O. (1979). DECORANA-A FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. *Ecology and Systematics*, Cornell University, Ithaca, New York.
- MARCOS, R. (1992). *Tratamientos de conservación aplicados a rocas carbonatadas: Catedral de León*. Tesis doctoral. Universidad de Oviedo.
- MONTE, M. (1991). Multivariate Analysis Applied to the Conservation of Monuments: Lichen on the Roman Aqueduct Anio Vetus in S. Gregorio. *International Biodeterioration*, 28: 133-150.
- NAVASCUES, P. (1993). *Arquitectura española (1808-1914)*. *Summa Artis*, tomo XXXV. Espasa Calpe.
- NIMIS, P. L., D. PINNA & O. SALVADORI (1992). *Licheni e Conservazione Dei Monumenti*. C.L.U.E., Bologna.
- RIVERA BLANCO, J. (1992). *Las Catedrales de Castilla y León*. Junta de Castilla y León. EDILESA.
- ROUX, C. (1981). *Étude Écologique et Phytosociologique des Peuplements Lichéniques Saxicoles-Calcaicoles du Sud-Est de la France*. Bibliotheca Lichenologica.
- SYER, J. K. & I. K. ISKANDAR (1973). Pedogenetic significance of Lichens. In: Ahmadjan V. & M.E. Hale (eds.) *The Lichens*. Academic Press: 225-248.
- SMITH A. L. (1921). *Lichens*. Cambridge Univ. Press. London and New York.
- TER BRAAK, C. J. F. (1986). Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167-1179.
- WIRTH, V. (1980). *Flechtenflora*. Ulmar, Stuttgart.