

YACIMIENTOS PALEONTOLÓGICOS EXCEPCIONALES EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

XXXIV Jornadas de Paleontología y IV Congreso Ibérico de Paleontología



Editores: Nuno Vaz
Artur A. Sá



utad UNIVERSIDADE
DE TRÁS-OS-MONTES
E ALTO DOURO



MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES



Instituto Geológico
y Minero de España

YACIMIENTOS PALEONTOLÓGICOS EXCEPCIONALES EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

XXXIV Jornadas de Paleontología y
IV Congreso Ibérico de Paleontología

Nuno Vaz y Artur A. Sá
(Editores)

Instituto Geológico y Minero de España
Madrid, 2018

Serie: CUADERNOS DEL MUSEO GEOMINERO, N° 27

Sociedad Española de Paleontología. Jornadas (34ª. 2018. Vila Real, Portugal)

Yacimientos paleontológicos excepcionales en la Península Ibérica / XXXIV Jornadas de Paleontología; IV Congreso Ibérico de Paleontología; editores, Nuno Vaz, Artur A. Sá. – Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 2018

616 pp.; fig.; 24 cm. - (Cuadernos del Museo Geominero; 27)

ISBN: 978-84-9138-066-5

1. Península Ibérica 2. Congreso 3. Paleontología 4. Lugar arqueológico I. Instituto Geológico y Minero de España, ed. II. Serie III. Congreso Ibérico de Paleontología (4ª. 2018. Vila Real, Portugal) IV. Vaz, Nuno, ed. V. Sá, Artur A., ed.

56(46)(042.3)

Imagen de cubierta: Techo de un estrato de Cuarzita Armoricana (Ordovícico Inferior) en el yacimiento paleoicnológico del Alto de Martim Preto (Guadramil, Bragança, Portugal), mostrando una concentración masiva del icnofósil *Daedalus halli*, en secciones transversas a estas estructuras cónicas desarrolladas en el interior del sedimento. La abundancia y presentación de huellas en el yacimiento es tal, que estos icnofósiles fueron inicialmente confundidos con una "escritura prerromana" por el arqueólogo e historiador portugués Francisco Manuel Alves (*Abade de Baçal*, 1865-1947), quien describió los planos icnológicos como "pedras escrevidas" (piedras escritas). Fotografía de Artur A. Sá.

Referencia a este volumen:

Vaz, N. y Sá, A.A. (Eds.) 2018. *Yacimientos paleontológicos excepcionales en la península Ibérica*. Cuadernos del Museo Geominero, 27. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación, etc.) sin autorización previa y por escrito de los titulares del copyright.

© Instituto Geológico y Minero de España

Catálogo y venta de publicaciones de la Administración General del Estado en <http://publicacionesoficiales.boe.es/>

ISBN: 978-84-9138-066-5

NIPO: 064-18-012-1

Depósito legal: M-29822-2018

Publicación incluida en el programa editorial del suprimido Ministerio de Economía, Industria y Competitividad y editada por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, de acuerdo con la reestructuración ministerial establecida por el Real Decreto 355/2018.

Imprime: Soluciones Gráficas Chile, S. L. L. - C/. Chile, 27 - 28016 MADRID - e-mail: info@graficascchile.es

VULNERABILIDAD NATURAL POR LÍQUENES EN UN LUGAR DE INTERÉS PALEONTOLÓGICO

E. Fernández-Martínez, D. Fidalgo Casares, R. Pinto Prieto y R. Castaño de Luis

Área de Paleontología. Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales. Campus de Vegazana, s/n. 24071 León.
e.fernandez@unileon.es; dfidac01@estudiantes.unileon.es; rpintp00@estudiantes.unileon.es; rodrigocastdeluis@hotmail.com

Palabras clave: bioerosión, cyrtoespiriféridos, comunidades líquénicas, patrimonio paleontológico, riesgo de degradación.

INTRODUCCIÓN

La Laguna estratigráfica del Arroyo de Barcaliente es el nombre que recibe un Lugar de interés geológico (en adelante LIG) regional situado en el municipio de Valdelugeros (León) y que fue incluido en el inventario provincial coordinado por Fernández-Martínez y Fuertes-Gutiérrez (2009). Se trata de una sección labrada por la acción erosiva de un arroyo que vierte sus aguas al río Curueño y en la que afloran, con un buzamiento aproximadamente vertical, varias formaciones del Paleozoico (Fig. 1). Este afloramiento es interesante por tratarse de una zona habitualmente ocupada por cerrados robledales, hayedos, matorral y pinos de repoblación que no favorecen la presencia de roca desnuda.

La importancia geológica de esta sección reside en dos aspectos: 1) contiene el estratotipo de la Formación Barcaliente (Carbonífero, Serpukhoviense-Bashkiriense), y 2) en ella está registrada la laguna estratigráfica que caracteriza a la sucesión del Paleozoico en la Unidad de Bodón-Ponga de la Zona Cantábrica (Alonso *et al.*, 1989, 2012). En esta localidad, la laguna pone en contacto unas alternancias de cuarcitas y lutitas del Ordovícico Temprano (atribuidas en la cartografía a la Formación Barrios pero que podrían pertenecer a otras unidades recientemente definidas, ver Gutiérrez-Marco *et al.*, 2010, y Toyos y Aramburu, 2014) con las areniscas ricas en cuarzo de la Formación Ermita, cuya edad es Fameniense tardío. A pesar de la similitud litológica y de buzamiento, ambos materiales pueden diferenciarse de forma directa en el campo por la presencia de fósiles. Así, las capas más lutíticas de la Fm. Barrios contienen abundantes ejemplares del icnofósil *Cruziana goldfussi* (posiblemente Ordovícico Temprano a Medio) mientras que las areniscas devónicas son muy ricas en moldes de braquiópodos, especialmente de *Cyrtoespirifer*, un género fácilmente reconocible por su ornamentación y cuya distribución estratigráfica está restringida al Devónico superior.

Es precisamente la uniformidad litológica y la presencia de taxones índice fácilmente reconocibles lo que hace de esta sección un lugar con una importante vocación docente, especialmente a nivel universitario. Sin embargo, la disposición, localización e intenso grado de fracturación de la capa de areniscas devónicas han favorecido su colonización por líquenes, con el consiguiente deterioro de los moldes de braquiópodos. Paralelamente, el crecimiento de la vegetación de matorral que ocupa la ladera y la acción continuada de decenas de estudiantes podrían ser responsables del retranqueo y disminución de la superficie del afloramiento ordovícico, así como de la disminución en el número de

ejemplares de icnofósiles que ha sido advertida en los últimos años. En este trabajo planteamos un análisis inicial de la cobertura de líquenes existente en la pared de la Fm. Ermita, con el objetivo de determinar su implicación en el deterioro del valor de esta pared así como los factores que contribuyen a dicho deterioro. Con estos datos, podrán realizarse propuestas para la gestión de este lugar de interés estratigráfico y paleontológico.

VULNERABILIDAD NATURAL Y LÍQUENES

Dentro del exhaustivo análisis de los factores que componen el riesgo de degradación de los lugares de interés geológico realizado por García-Ortiz *et al.* (2014), la vulnerabilidad natural incluye aquellos aspectos abióticos y/o bióticos que pueden afectar al valor de los mismos, bien por destrucción total o parcial, o bien por eliminar de alguna forma la exposición del elemento de interés. En el caso que aquí analizamos, y que se centra en la pared de la Fm. Ermita donde se encuentran los moldes de *Cyrtospirifer*, la vulnerabilidad natural tiene su origen en dos elementos: el matorral (usualmente *Erica arborea* y *Cytisus cantabricus*) y un conjunto de organismos constituido por diversos líquenes, musgos y algas, todos ellos caracterizados por colonizar sustratos rocosos en condiciones de humedad. El crecimiento del matorral oculta e impide el acceso a la pared de la Fm. Ermita pero no altera los fósiles y su crecimiento es fácilmente controlable, bien por introducción de ganadería menuda, bien por arranque directo de los ejemplares más molestos. Sin embargo, la vulnerabilidad por crecimiento de líquenes resulta más compleja de gestionar ya que altera directamente el valor del LIG y su eliminación puede dañar a los propios fósiles que se intentan preservar.

Los líquenes representan las primeras etapas de la colonización de entornos por organismos vivos

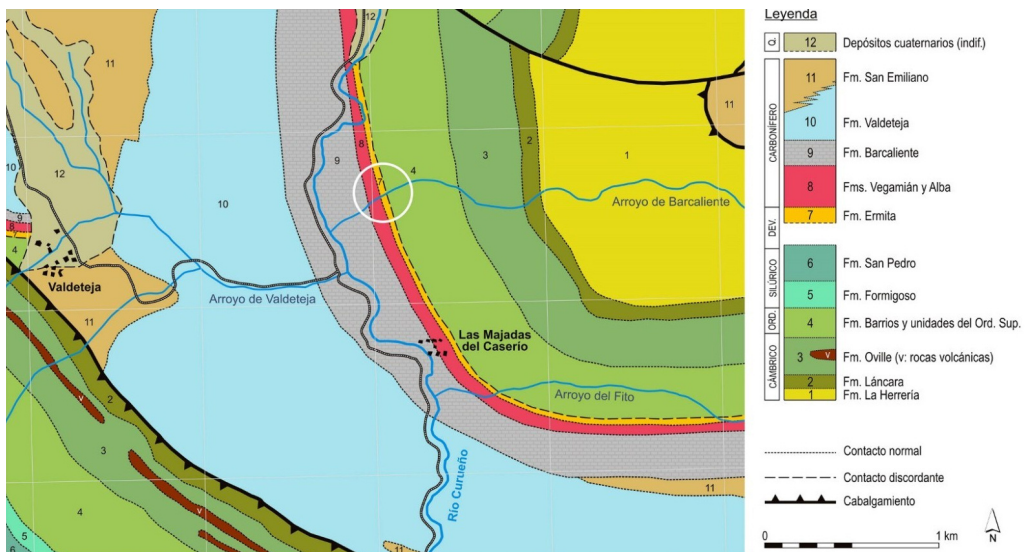


Figura 1. Mapa geológico de la zona donde se ubica la sección (indicada por un círculo blanco amarillo). Modificado de Truyols *et al.* (1981).

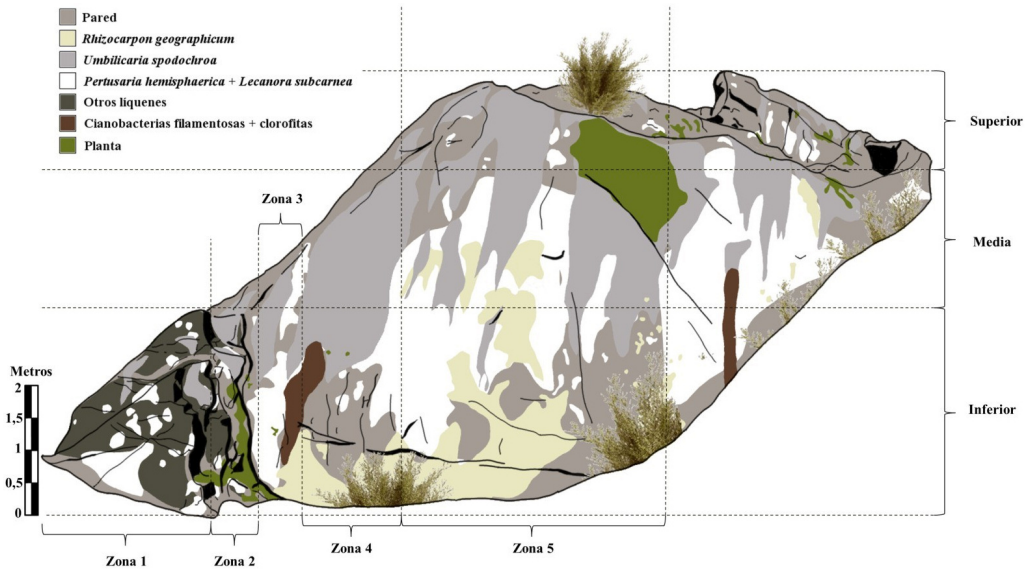


Figura 2. A) Aspecto en el campo de la pared objeto de estudio. B) Zonación de la pared y cobertura de varias especies de líquenes y otros organismos obtenidos mediante el programa ©GIMP. La zona de mayor interés paleontológico es la 4.

(Seaward, 1997). En el caso de los líquenes saxícolas (aquellos que se asientan sobre rocas o viven en sus fisuras), estos favorecen la meteorización química y mecánica del sustrato, así como la progresiva ocupación de la superficie (Chen *et al.*, 2000, Terrón, 2016). En la pared que aquí se estudia, este crecimiento afecta tanto a la visibilidad como a la integridad de los moldes. En el último caso, estos ejercen una actividad bioerosiva, provocando un tipo de degradación que ya ha sido descrito previamente en fósiles (ver, por ejemplo, Hospitaleche *et al.*, 2011).

El afloramiento de la Fm. Ermita en el cual aparecen los fósiles es una pared vertical con orientación predominantemente E, que ha sido colonizada por varios tipos de líquenes (Fig. 2A). Además, zonas concretas de la misma, especialmente la parte superior y las proximidades de grietas, están ocupadas por musgos, cianobacterias filamentosas y algas clorofitas unicelulares. Para conocer la distribución, posible origen de la comunidad liquénica presente y evolución de la misma, hemos dividido la superficie en 5 zonas verticales de estudio, caracterizadas por la exposición del estrato (superficie frente a sección), la inclinación, la presencia de diferentes tipos de líquenes y el grado de cubrimiento de la pared generado por estos (Fig. 2B).

METODOLOGÍA

Para estimar la cobertura se utilizó el programa edición fotográfica "©GIMP" (GNU Image Manipulation Program), que permite delimitar la ocupación de determinadas coloraciones, las cuales corresponden a la presencia de ciertas especies de líquenes. De esta forma se obtiene la cobertura relativa de cada una de ellas (McCarthy and Zaniewski, 2001), primero en píxeles y posteriormente en porcentajes. Este análisis se realizó en las cinco zonas delimitadas hasta una altura aproximada de 3 metros ya que es el espacio en el cual se suele llevar a cabo la observación de los fósiles. Además, la valoración de la cobertura de dos especies con gran semejanza en coloración (*L. subcarnea* y *P. hemisphaerica*) se ha realizado de forma conjunta ya que el método no permite hacer una diferenciación clara entre ambas.

RESULTADOS

En toda la zona estudiada hay un claro predominio de cuatro especies de líquenes (Fig. 4): *Lecanora subcarnea* y *Pertusaria hemisphaerica*, *Umbilicaria spodochroa* y *Rhizocarpon geographicum*.

La zona 1 (Figs. 2 y 3A) corresponde a la pared que linda con el camino, cuya orientación es S-SE. Está ligeramente escalonada y en su parte superior presenta una región irregular de baja inclinación en la que se depositan sedimentos, la cual está colonizada por musgos, herbáceas y matorral. Toda la zona 1, pero especialmente su parte alta, es receptora de gran cantidad de agua que resbala desde niveles superiores. Además, es la zona que presenta una menor proporción de pared descubierta, así como una mayor cantidad y variabilidad de líquenes. Aparte de las cuatro especies citadas anteriormente, se han encontrado ejemplares atribuibles a *Platismatia glauca*, *Lasallia pustulata* y *Pseudephebe pubescens*, entre otras. A nivel paleontológico, en ella se intuye la presencia de numerosos moldes externos de braquiópodos, pero casi todos ellos están parcialmente tapados o han perdido su ornamentación.

La zona 2 (Fig. 2) corresponde a una sección de los estratos que afloran en la zona 1. Su orientación es E-NE y es también receptora de agua procedente de la parte superior. En cuanto a la presencia de

líquenes, se sigue observando la misma tendencia que en la zona 1, con amplia cobertura líquénica y predominio de *L. subcarnea* y *P. hemisphaerica* siendo *U. spodochoera* la especie que presenta una cobertura menor. Debido a que se trata de una sección de los estratos, la presencia de fósiles se reduce a ocasionales áreas con porosidad móldica.

La zona 3 (Figs. 2 y 3B) es la primera en la que encontramos una importante verticalidad. Muestra una menor cobertura general respecto a zonas anteriores, así como una disminución de la variabilidad líquénica, encontrando solo las cuatro especies principales mencionadas y siendo las especies *L. subcarnea* y *P. hemisphaerica* las que presentan mayor cobertura, seguidas por *U. spodochoera*. Los fósiles hallados en esta zona son muy escasos.

La zona 4 (Figs. 2 y 3C y D) comprende un área de la pared vertical con orientación E que, por su coloración y límites, parece haber sido expuesta recientemente debido al desplome parcial del estrato adyacente. Especialmente en su parte inferior aparecen varias grietas con disposición vertical. De todas las zonas es la que tiene una menor superficie cubierta por líquenes, siendo *U. spodochoera* y *R. geographicum* las especies más frecuentes, un hecho que contrasta con lo que ocurre en las zonas previa-

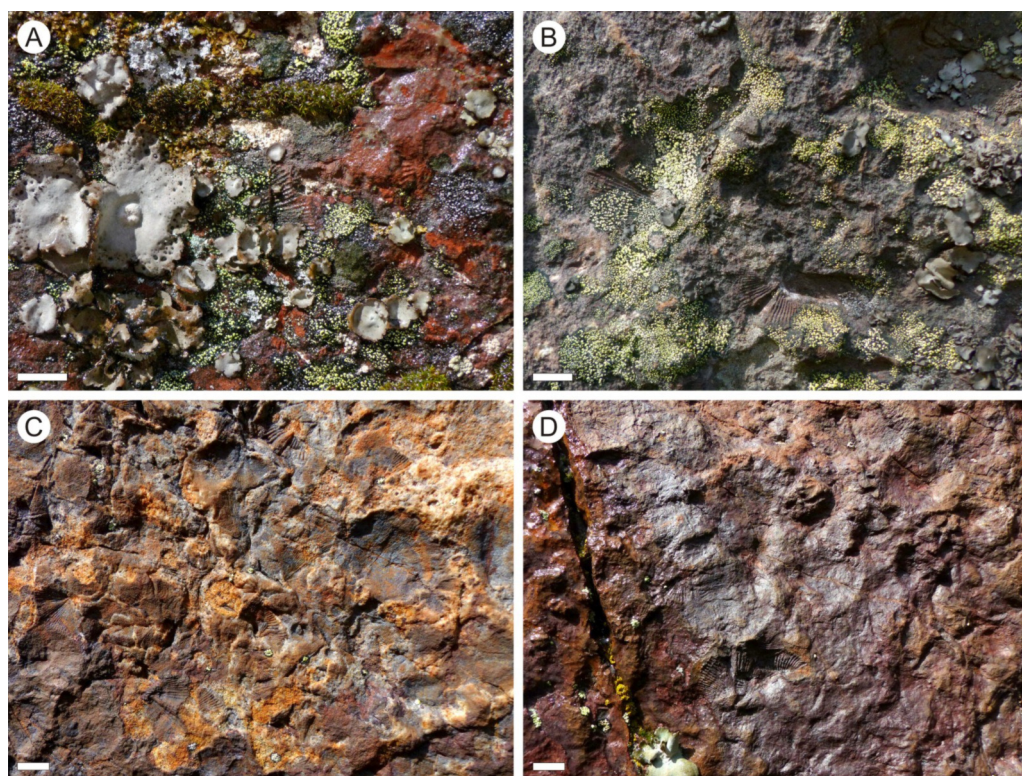


Figura 3. A) Aspecto de la pared en la zona 1, en la que se observa el importante cubrimiento por líquenes y el efecto que estos tienen sobre los moldes de braquiópodos. B) Aspecto de la pared en la zona 3, donde los moldes están comenzando a ser colonizados por *Rhizocarpon geographicum* y *Umbilicaria spodochoera*. C) Aspecto de la zona 4, en una región de la misma aún no colonizada y que muestra una acumulación de moldes externos de *Cyrtospirifer*. D) Detalle de la zona 4, en el que se aprecia el inicio del crecimiento de los líquenes a partir de una zona húmeda localizada en el entorno de una fractura.

mente descritas. En esta zona 4 es donde se observa un mayor número de ejemplares de *Cyrtospirifer*, así como la presencia de varios moldes de organismos no identificados, posiblemente bivalvos, en la mayoría de los casos bien conservados en cuanto a delimitación y ornamentación. Debido a su accesibilidad, abundancia y buena conservación de los fósiles, esta es la zona que se utiliza para mostrarlos al alumnado.

La zona 5 (Fig. 2) abarca una amplia área que llega hasta el lugar donde la pared deja de estar expuesta. Toda ella tiene orientación E-SE y recibe bastante humedad de la parte superior, especialmente a través de grietas. A nivel líquénico, muestra una cobertura muy similar de las tres especies básicas de líquenes y una proporción de pared libre similar a la encontrada en la zona 3.

Junto con la cantidad y diversidad de líquenes halladas en la pared, se han analizado aquellos factores físicos y temporales que podrían explicar los datos sobre superficie cubierta. Los más relevantes serían: 1) el tiempo de exposición (como se indicó, la zona 4 parece haber sido expuesta mucho más recientemente que las otras); 2) los aportes de agua desde la zona superior, que no se reparten uniformemente y se centran en las zonas 1, 2 y 5; 3) la verticalidad, que favorece la no acumulación de materiales y de agua; y 4) la orientación, que determina la posición respecto al sol y, por tanto, el mantenimiento de la humedad necesaria para las comunidades líquénicas.

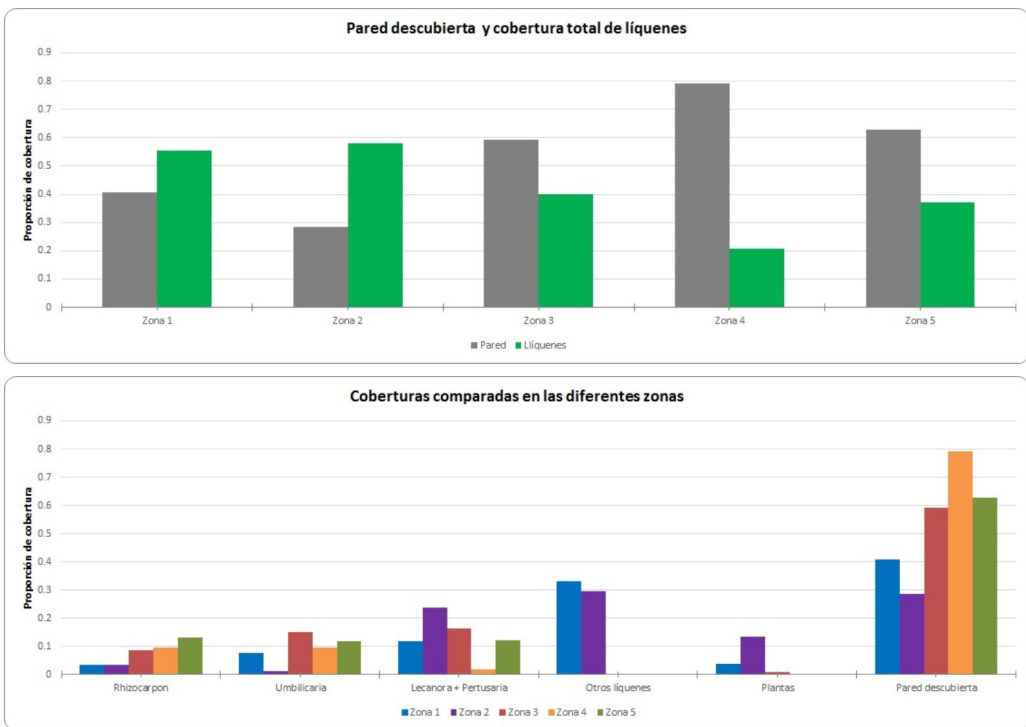


Figura 4. A) Porcentaje de pared y líquenes en las cinco zonas definidas en el estudio. Se observa que la zona 4 es la que tiene una mayor extensión sin cubrir. B) Porcentaje de varias especies de líquenes y de otras plantas en las diferentes zonas. Se aprecia cómo el conjunto de *Lecanora subcarnea* - *Pertusaria hemisphaerica* es el más abundante en todas las zonas, excepto en la 4, donde *Rhizocarpon geographicum* y *Umbilicaria spodrochroa* son más habituales.

DISCUSIÓN

El análisis de los datos sobre cubrimiento líquénico en las diferentes zonas cartografiadas nos permite realizar varias observaciones que resultan especialmente interesantes si comparamos las zonas 1 (más cubierta) y 4 (menos cubierta).

En la zona 4 (Figs. 3C y D) se observan las primeras etapas de la colonización por líquenes, la cual se produce principalmente a través de la especie predominante en esta zona, *R. geographicum*. Este líquen comienza su colonización desde la parte inferior, posiblemente debido a la presencia de agua que asciende por capilaridad desde los estratos situados en la base de la pared. Otro colonizador temprano sería *U. spodochoa*, que se desarrolla siguiendo las líneas de escorrentía natural del agua representadas por grietas que facilitan la filtración y mantenimiento de la humedad (Fig. 3D). Estas especies, en especial *R. geographicum*, serían desplazadas por *L. subcarnea* y *P. hemisphaerica* a medida que aumenta el tiempo de exposición de la superficie, y siempre y cuando exista un aporte continuado de humedad.

El alto grado de colonización de la zona 1 y la mayor diversidad de líquenes que aparece en ella (Fig. 3A) se atribuyen a varios de sus rasgos físicos (presencia de áreas con menor pendiente que permiten el depósito de agua y sedimentos, localización lateral y descubierta, etc.), así como a un hipotético mayor tiempo de exposición. Este último hecho se infiere de la amplia distribución de *L. subcarnea* y *P. hemisphaerica*, respecto a la de *R. geographicum*. Debido a las peculiares características físicas de la zona 1, esta no puede ser considerada un posible ejemplo de cómo sería el cubrimiento futuro de la zona 4, pero sí que es indicativa de la evolución general que la cobertura de líquenes puede alcanzar en esta zona.

En cuanto a la posible evolución de la cobertura líquénica y, con ella, de los posibles daños a la zona más valiosa de la pared, la velocidad de crecimiento y expansión de los talos líquénicos varía según la especie y su estado de desarrollo. Así, para *R. geographicum*, la velocidad de crecimiento oscila entre los 0,8 mm de diámetro al año cuando el talo presenta unos 20 mm de diámetro, y los 0,34 mm de diámetro al año para talos de alrededor de 65 mm de diámetro (Armstrong, 1983; Desbenoit *et al.* 2004; Benedict, 2008). En nuestro caso, un conocimiento real de la evolución de la cobertura líquénica requeriría un seguimiento de la pared de, al menos, dos años y que incluyera la elaboración de curvas de crecimiento correspondientes a las especies aquí presentes. Por este motivo, la gestión correcta de este lugar de interés stratigráfico y paleontológico conllevaría monitorizar el crecimiento de los líquenes presentes en la zona. Una vez conocido el ritmo de degradación, la gestión se centraría en acotar una zona de la pared caracterizada por su valor paleontológico y en la cual se impidiera el crecimiento de líquenes mediante medios que no destruyan los fósiles.

CONCLUSIONES

A pesar de su lento ritmo de crecimiento, los líquenes pueden contribuir a la degradación del valor de un lugar de interés paleontológico. Su actividad está especialmente vinculada a ámbitos con sustratos rocosos, presencia de agua y orientaciones que permiten el mantenimiento de la humedad. En estas condiciones, un tiempo de exposición de escala humana (décadas) puede producir no sólo la ocultación de los fósiles sino también su meteorización hasta el punto de hacerlos irreconocibles. Por este motivo se hace precisa la monitorización del crecimiento líquénico en lugares especialmente vulnerables, como el aquí estudiado, y el establecimiento de medidas que, respetando la diversidad biológica de la zona, impidan la destrucción total del valor del LIG.

Agradecimientos

A Arsenio López Terrón (Universidad de León) por su ayuda en la identificación de las especies de líquenes.

Referencias

- Alonso, J.L., Marcos, A. y Suárez, A. 2012. El Cabalgamiento de León. Implicaciones en la división geológica de la Zona Cantábrica. *Geo-Temas*, 13.
- Alonso, J.L., Marrón, J. y Pulgar, J.A. 1989. Síntesis cartográfica de la parte sudoccidental de la Zona Cantábrica. *Trabajos de Geología*, 18, 145-153.
- Armstrong, R.A. 1983. Growth curve of the lichen *Rhizocarpon geographicum*. *New Phytologist*, 94(4), 619-622.
- Benedict, J.B. 2008. Experiments on lichen growth, III. The shape of the age-size curve. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 40 (1), 15-26.
- Chen, J., Blume, H.P. and Beyer, L. 2000. Weathering of rocks induced by lichen colonization—a review. *Catena*, 39 (2), 121-146.
- Desbenoit, B., Galin, E. and Akkouche, S. 2004. Simulating and modeling lichen growth. *Computer Graphics Forum*, 23 (3), 341-350.
- Fernández-Martínez, E. y Fuertes-Gutiérrez, I. (coords). 2009. Lugares de interés geológico de la provincial de León. DVD. Junta de Castilla y León.
- García-Ortiz, E., Fuertes-Gutiérrez, I. and Fernández-Martínez, E. 2014. Concepts and terminology for the risk of degradation of geological heritage sites: Fragility and natural vulnerability, a case study. *Proceedings of the Geologists Association*, 1125 (4), 463-479. DOI: 10.1016/j.pgeola.2014.06.003
- Gutiérrez-Marco, J.C., Ghienne, J.F., Bernédez, E. and Hacar, M.P. 2010. Did the Late Ordovician African ice sheet reach Europe? *Geology*, 38 (3), 279-282.
- Hospitaleche, C.A., Márquez, G., Pérez, L.M., Rosato, V. and Cione, A.L. 2011. Lichen bioerosion on fossil vertebrates from the Cenozoic of Patagonia and Antarctica. *Ichnos*, 18 (1), 1-8.
- McCarthy, D.P. and Zaniewski, K. 2001. Digital analysis of lichen cover: a technique for use in lichenometry and lichenology. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 107-113.
- Seaward, M.R.D. 1997. Major Impacts Made by Lichens in Biodeterioration Processes. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 40 (2-4), 269-273.
- Terrón, A. 2016. Líquenes y rocas como ejemplo de interacción entre subsistemas terrestres. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 24(2), 143-152.
- Toyos, J.M. y Aramburu, C. 2014. El Ordovícico en el área de Los Barrios de Luna, Cordillera Cantábrica (NW de España). *Trabajos de Geología*, 34, 61-96.
- Truyols, J., Álvarez, F., Arbizu, M. A., García-Alcalde, J. L., García-López, S., Martínez-Chacón, M. L., Méndez Bedia, I., Méndez-Fernández, C. A., Menéndez, J. R., Sánchez de Posada, L., Soto, F. (1981). Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, nº 104 (Boñar). Segunda serie (MAGNA), Primera edición. ITGE. Madrid.