

## LÍQUENES EN AMBIENTES EXTREMOS: LA ANTÁRTIDA COMO PUERTA AL ESPACIO

Raggio Quílez, J., Vivas Rebuelta, M., García Sancho, L., Pintado Valverde, A.

Los líquenes son organismos duales formados por la simbiosis entre un hongo, que crea una estructura resistente y estable y un alga que vive en su interior y proporciona nutrientes para ambos mediante la fotosíntesis. Debido al éxito biológico de esta simbiosis, los líquenes son capaces de colonizar todo tipo de ambientes, desde los polos hasta las regiones ecuatoriales y desde las montañas más altas hasta las costas. Aparecen en los lugares más extremos debido a su capacidad de permanecer en estado metabólicamente inactivo durante largos periodos de tiempo, en los cuales pueden soportar las condiciones más duras imaginables: temperaturas extremas, deshidratación total e intensa irradiación solar. La Antártida es el lugar de la tierra que reúne las condiciones más desfavorables para la vida, hasta el punto de que en muchas zonas, como los Valles Secos, las únicas formas de vida pluricelular son los líquenes, porque sólo ellos pueden resistir ese ambiente de aridez total, de temperaturas bajísimas durante todo el año y de completa oscuridad durante seis meses, seguidos por otros seis de fortísima irradiación. Sólo en los breves momentos en que las condiciones mejoran y son favorables para la vida, los líquenes reactivan su metabolismo, pero al tener periodos de actividad tan espaciados, su tasa de crecimiento es muy lenta, tanto más lenta cuanto más cortos e infrecuentes son esos periodos, es decir, cuanto más desfavorables son las condiciones del lugar en el que vive. Esta lentitud en el crecimiento la compensan con su longevidad, se conocen líquenes de más de 5000 años. Este admirable conjunto de características ha suscitado en la comunidad científica mucha curiosidad por conocer más a fondo estos organismos tan sorprendentes. Desde hace tiempo se vienen llevando a cabo diversos estudios en líquenes antárticos, como el realizado en 1982 por Kappen y Friedmann con líquenes endolíticos, es decir, líquenes que viven dentro de las rocas (ver figura 1), procedentes de los Valles Secos, donde, como hemos mencionado antes, las condiciones ambientales son las más duras de nuestro planeta. Estos investigadores midieron la capacidad fotosintética de los líquenes endolíticos en el laboratorio, concluyendo que sus óptimos de temperatura son próximos a 0°C. Pero hay más: Pannewitz y sus colaboradores en 2003 comprobaron que una especie también antártica, *Xanthoria mawsonii*, era capaz de activar su metabolismo a temperaturas inferiores a -10°C, hidratándose al absorber la humedad del aire.



Figura 1: Liqueen endolítico.  
(Foto: L. G. Sancho.)



Figura 2: Valles Secos, Antártida.  
(Foto: L. G. Sancho.)

Una de las aplicaciones más interesantes de estos estudios de la fisiología de líquenes antárticos consiste en evaluar cómo afecta el cambio climático a la distribución de la flora en un entorno tan protegido y alejado de las actividades humanas como es la Antártida. En

este sentido está enfocado el estudio llevado a cabo por Schröter y colaboradores, donde se explica cómo los líquenes son especialmente sensibles a los cambios en su ambiente, al tener periodos de actividad tan cortos y espaciados. El cambio climático puede favorecer a algunas especies, alargando esos periodos de actividad, y perjudica a otras, al hacer su hábitat colonizable por especies más competitivas, que pueden ser tanto las escasas plantas vasculares y briófitos presentes en otras zonas de la Antártida de condiciones más favorables (Antártida marítima), como otras especies de líquenes.

Todos estos experimentos y muchos más, han puesto de manifiesto que los líquenes están perfectamente adaptados a algunas zonas de la Antártida donde el clima es más benévolo y que son capaces de sobrevivir y desarrollarse en otras regiones extremas, donde, como hemos dicho, son las únicas formas de vida pluricelular.

Parece, por tanto, que no hay límites para la supervivencia de estos organismos dentro del planeta Tierra, por lo que en nuestro grupo de investigación, en colaboración con un equipo multidisciplinar de otros organismos españoles y extranjeros, surgió la pregunta de si estos límites podrían encontrarse en el espacio exterior.

Hemos tenido la oportunidad de comprobarlo gracias a la colaboración de la Agencia Espacial Europea, que permitió llevar a cabo el experimento LICHENS en el año 2005.

La radiación cósmica y ultravioleta, el vacío absoluto y las bajísimas temperaturas serían los nuevos retos que dichos organismos tendrían que afrontar, condiciones que se ha visto que son letales para bacterias y otros microorganismos.

Los experimentos de exobiología se dirigen a la posibilidad de presencia o supervivencia de vida más allá de nuestro planeta. El espacio interplanetario es especialmente interesante para comprobar la teoría de la panspermia de Arrhenius, que sostiene que puede haber flujo interplanetario de vida a través de semillas u otros propágulos reproductivos (Sancho y colaboradores, 2007).

Para este estudio se escogieron dos especies de líquenes, *Rhizocarpon geographicum* recogido en el Sistema Central (Sierra de Gredos) y *Xanthoria elegans*, recolectada en Sierra Nevada; ambas especies aparecen también en la Antártida.

Dichos líquenes se introdujeron en la cápsula FOTON M2 que orbitó alrededor de la tierra durante 16 días, en mayo de 2005. Parte de los líquenes quedó expuesta directamente a las condiciones espaciales durante dicho periodo y otra parte quedó protegida como control.



Figura 3: Cápsula FOTON M2 en la órbita terrestre. (Foto: ESA.)

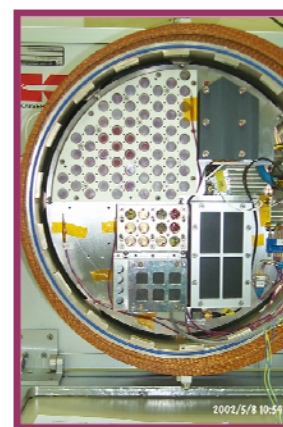


Figura 4: Apertura de la cápsula tras su recuperación. (Foto: L. G. Sancho.)

Al volver a la Tierra se evaluó la supervivencia de los líquenes a través de medidas de fluorescencia de la clorofila a, que proporciona una idea de la viabilidad y estado del

aparato fotosintético. Tras un periodo de reactivación en el laboratorio de 24 horas se observó que el metabolismo no había sufrido daños, es decir, los líquenes aguantaron la exposición espacial en estado de latencia y posteriormente no tuvieron problema para reactivarse.

La evaluación del impacto de la exposición espacial se completó con un análisis por microscopia electrónica del estado de las células de los talos liquénicos, observándose que la mayoría se encontraban en buen estado. Probablemente el principal responsable de esta sorprendente resistencia a la exposición al espacio exterior es el córtex, una capa superior protectora que presentan los líquenes formada por células de hongo estrechamente unidas.

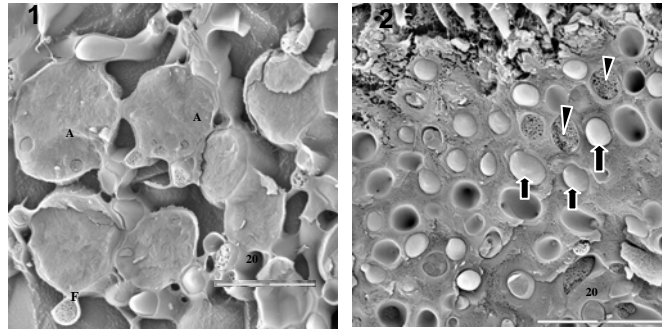


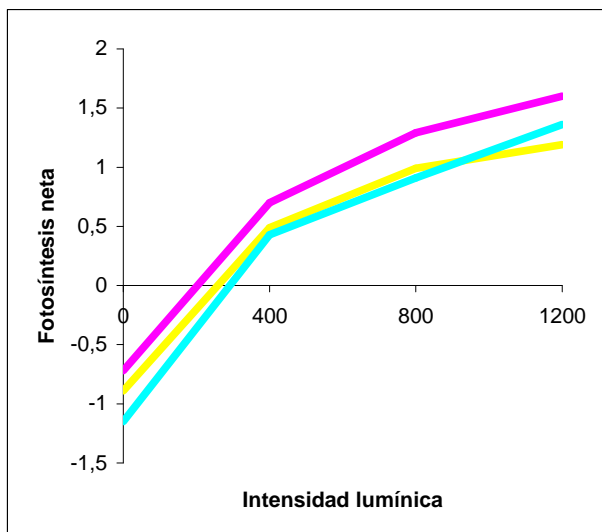
Figura 5: Imagen al microscopio electrónico de células de alga (1) y hongo (2) del talo liquénico, tras el vuelo espacial. Se puede observar que no sufrieron daños significativos. (Foto: © Astrobiology.)

El éxito del experimento LICHENS permitió continuar dicha línea de investigación con un segundo lanzamiento, llevado a cabo en octubre de 2007.

En esta ocasión se introdujeron nuevas especies en la cápsula, y se retiró el córtex superior de una de las medidas anteriormente.

En este nuevo experimento se ha evaluado el estado fotosintético de los líquenes de manera indirecta, como en el caso anterior, a través de medidas de fluorescencia de clorofila a y como novedad, se han hecho medidas directas de fotosíntesis a través de aparatos de intercambio gaseoso en la especie *Aspicilia fruticulosa*.

Aunque los resultados son aún preliminares, podemos decir que las medidas de intercambio gaseoso demostraron que los líquenes expuestos al espacio no habían sufrido daños en comparación con los que no estuvieron expuestos, tal como se ve en la gráfica 1.



Gráfica 1: Intercambio de  $\text{CO}_2$  (fotosíntesis neta y respiración) de las distintas muestras estudiadas en función de la intensidad lumínica. En rosa se aprecian los datos de las muestras que no volaron, utilizadas como control. En amarillo aparecen las muestras que volaron, pero que no estuvieron expuestas al espacio, y en verde las expuestas. Como se puede apreciar, las diferencias son muy pequeñas.

Estos resultados son realmente sorprendentes, aunque no concluyentes, ya que el tiempo de exposición a las condiciones espaciales puede tener un papel fundamental en la supervivencia de los líquenes.

Sería conveniente llevar a cabo nuevos experimentos en los que el tiempo de exposición fuera mayor para conocer los límites reales de estos extraordinarios organismos.

#### Referencias bibliográficas:

- Kappen, L. & Friedmann, E. I (1982). Ecophysiology of Lichens in the Dry Valleys of Southern Victoria Land, Antartica. II. CO<sub>2</sub> Gas exchange in Cryptoendolithic Lichens. *Polar Biology* 1: 227-232.
- Pannewitz, S., Schlenzog, M., Green T. G. A., Sancho L. G., Schroeter, B. (2003). Are lichens active under snow in continental Antarctica?. *Oecologia* 135, 30-38.
- Schroeter, B., Kappen, L., Schulz, F., Sancho, L. G. (): Seasonal variation in the carbon balance of lichens in the maritime Antarctic: Long-term measurements of photosynthetic activity in *Usnea aurantiaco-atra*. En Howard-Williams, C., Davison, W., eds.. Antarctic ecosystems: model for wider ecological understanding. Christchurch: Caxton Press.
- Sancho, L. G., de la Torre, R., Horneck, G., Ascaso, C., de los Ríos, A., Pintado, A., Wierzchos, J., Schuster, M. (2007): Lichens survive in space: Results from the 2005 LICHENS experiment. *Astrobiology* 7 (3), 443-454.