



# LICHENS

## EXPERIMENTO EXOBIOLÓGICO ESPAÑOL

**En la reciente misión del satélite Foton M-2 ha viajado al espacio el primer experimento español exobiológico. Los líquenes expuestos al entorno espacial han revelado datos de suma importancia para el apoyo de la teoría de la Panspermia.**

Por Rosa de la Torre (División Observación de la Tierra del INTA)

**E**l lanzamiento del M-2 se realizó con éxito el 31 de mayo de 2005, desde la base de Baikonur. Transcurridos apenas nueve minutos, el satélite alcanzó la órbita terrestre preestablecida, a una altura de 262

Km. Los ocho experimentos perdidos en el accidente de la misión anterior, Foton M-1, fueron incluidos de nuevo. La pérdida fue causada por la explosión del cohete Soyuz a los pocos segundos del lanzamiento.

Entre ellos se encontraba nuestro experimento "Lichens", fruto de la colaboración entre el INTA, la Universidad Complutense de Madrid, el CSIC, el DLR alemán y la Universidad de Lérida. "Lichens" estaba integrado en Biopan-4, un

Para el experimento se han seleccionado dos especies bipolares de naturaleza epilítica, *Xanthoria elegans* (arriba) y *Rhizocarpon geographicum* (abajo), procedentes de zonas de alta montaña del Sistema Central español.



instrumento multiuso diseñado por la ESA, que aloja y expone en el espacio experimentos relacionados con el campo de la exobiología, radiobiología, dosimetría e investigación en materiales. La estructura, que va adosada a la



Estudios de campo midiendo fotosíntesis, registrando parámetros microclimáticos como ozono, etc...

El Foton, ensamblado en la nave Soyuz que lo puso en órbita.

Biopan en el contenedor antes del vuelo.



superficie externa de la cápsula del satélite, se integra poco antes del lanzamiento y mantiene por termocontrol una temperatura determinada durante su transporte al cosmódromo y después de la desintegración posterior al aterrizaje, para asegurar la conservación idónea de los experimentos.

Cuando Biopan alcanza su órbita, se abre para permitir la máxima exposición del material que contiene: radiación solar extraterrestre, temperaturas extremas, radiación cósmica, vacío y microgravedad. Después de 16 días de exposición, Biopan se cierra e inicia su regreso a la Tierra, entrando en la atmósfera a temperaturas muy elevadas, que alcanzan hasta los 2.000° C.

Por fin, el satélite aterriza suavemente frenado por varios cohetes y un paracaídas. Inmediatamente después, Biopan es separado de la cápsula y transportado a la

ESA, desde donde los experimentos son recogidos por los científicos responsables para su evaluación en los correspondientes laboratorios.

### ESPECIES RESISTENTES

Durante 16 días, "Lichens" quedó expuesto a las condiciones espaciales con el objetivo de demostrar la capacidad de supervivencia de varias especies de líquenes en el

espacio. Para ello seleccionamos dos especies bipolares de naturaleza epilítica, *Rhizocarpon geographicum* y *Xanthoria elegans*, procedentes de zonas de alta montaña situadas a una altura aproximada de 2.000 metros, concretamente en el Sistema Central español, e incluimos también una espe-

cie endolítica de la Antártida Continental (*Antarctic Dry Valleys*). Como aclaración diremos que las especies epilíticas viven sobre la superficie de la roca, y las endolíticas, que están formadas por comunidades de cianobacterias y microorganismos, moran dentro de las fisuras formadas en rocas.

Para elaborar nuestro experimento, nos basamos en estudios previos que realizamos con estos

fecta adaptación a un medio natural con diferencias estacionales extremas y con una intensa radiación UV. En invierno, los líquenes se encuentran cubiertos con una densa capa de nieve, mientras que en primavera reciben dosis elevadas de radiación UV que alcanzan el máximo en el solsticio de verano. Pudimos comprobar que los líquenes tienen una actividad máxima cuando la radiación solar UV

## Los líquenes pueden sobrevivir en el espacio expuestos a factores letales para bacterias y otros microorganismos

organismos, tanto en su medio natural como en laboratorio, que habían demostrado una elevada capacidad de resistencia a la intensa radiación UV y a condiciones de sequedad y a temperaturas extremas. Las campañas que hemos venido realizando desde el año 1999 han mostrado una per-

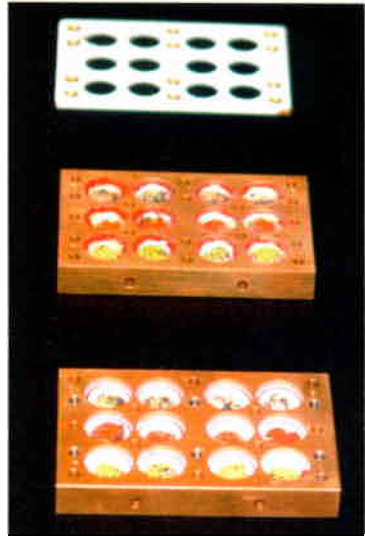
está en pleno apogeo y se encuentran humedecidos por el agua ocasionada por el deshielo, mientras que en verano, ya desaparecidos los torrentes que los humedecen, entran en un estado de latencia o inactividad.

En 2003 también nos sorprendió la supervivencia de las 🍄🍄🍄

© Ulfarur Deuschmann



**Campaña en la Sierra de Gredos, Rosa de la Torre realiza medidas de actividad en líquenes.**



**Partes del experimento después del vuelo: los 2 niveles y la tapa con pintura protectora a la radiación.**

**Aterrizaje de un Foton y retirada del material de experimentación.**

© ESA



muestras de líquenes tras el desastre de la anterior misión Foton M-1. Nuestro experimento no sufrió daños importantes, a pesar del gran impacto y de las elevadas temperaturas causadas por las llamas al explotar el cohete.

**Foton es un satélite de investigación ruso que es lanzado con un cohete Soyuz-U y que permanece en órbita durante 16 días. En su interior se llevan a cabo toda clase de experimentos en microgravedad.**

**LA PAREJA PERFECTA**

Todos estos resultados se fundamentan en un factor prioritario que favorece tal estado de resistencia: la formación de un microecosistema formado por dos organismos, uno heterótrofo, el hongo, y otro autótrofo, el alga. Ambos cooperan estrechamente, formando una simbiosis: el hongo protege al alga creando una especie de "escudo" o córtex, y el alga lo alimenta por medio de la fotosíntesis. Cuando las condiciones ambientales son extremas, estos organismos entran en un estado de latencia, en el que dejan de ser activos y fotosintetizar, hasta que vuelven tiempos mejores.

Para incluir las muestras de líquenes, en el INTA diseñamos y fabricamos un hardware a modo de contenedor, con un tamaño de 8x5 cm, formado por dos niveles con 12 celdas

cada uno. El nivel superior favorecía la exposición de las muestras a la radiación extraterrestre. Llevaba unas ventanas o filtros de cuarzo, tres de ellos permitían el paso de la radiación UV a distintas longitudes de onda (280 nm, 320 nm, 400 nm), mientras que otro sólo filtraba un 1%. Así pudimos estudiar los efectos que producen distintos espectros de radiación en el espacio, en combinación con condiciones de vacío y otras variables.

El nivel inferior, que albergaba las muestras de control, no recibía radiación, pero si se encontraba expuesto al resto de parámetros espaciales. De esta forma, contrastamos ambos tipos de muestras después del vuelo y pudimos ver cómo habían reaccionado al entorno extraterrestre.

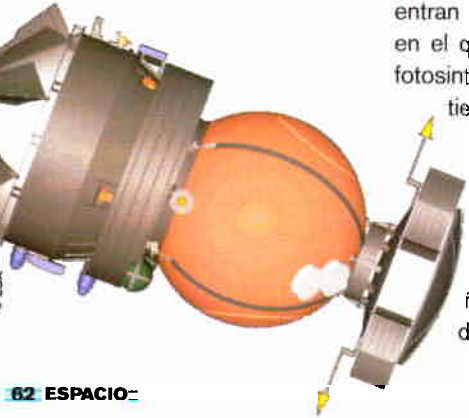
**SUPERHÉROES BIOLÓGICOS**

Para la realización de tests de resistencia antes del vuelo, en la

ESA fabricamos tres modelos de hardware: uno inicial, otro de calificación (testado por la ESA para comprobar la resistencia a vibraciones y choque) y, finalmente, los modelos de vuelo y *spare* o reserva, que quedan en Tierra mientras dura la misión. Estos últimos también fueron chequeados en las instalaciones de choque y vibración del INTA antes del vuelo.

Previamente a la inserción de los líquenes en el hardware, se realizó un trabajo de gran precisión en la Facultad de Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid, cortando cada muestra con una máquina especialmente diseñada para piezas de pequeño tamaño.

En los test de simulación espacial realizados con nuestro experimento en las instalaciones del DLR (Centro Aeroespacial Alemán, Colonia), se reprodujeron



las condiciones existentes en una misión Foton. Posteriormente, comprobamos la elevada resistencia del material biológico a la radiación solar extraterrestre y al vacío, así como a la combinación de ambos parámetros, algo que resulta especialmente letal para los seres vivos. Los resultados mostraron que las diferencias entre la actividad fotosintética anterior y posterior a los test no eran significativas, es decir, no existían cambios. Pero lo que realmente fue sorprendente fueron los resultados obtenidos en el laboratorio, tras la misión espacial: todos los líquenes habían sobrevivido mostrando la misma actividad fotosintética que antes del vuelo. Interesante fue comparar esa actividad con la de las muestras control de tierra. Determinamos la supervivencia, primeramente por medida de la actividad fotosintética, aplicando fluorimetría, y de forma complementaria, en el CSIC y en la Universidad de Lérida, realizamos la medida de la integridad del alga y del hongo a través de técnicas de microscopía electrónica.

## VIAJEROS ESPACIALES

Los resultados muestran que los líquenes pueden sobrevivir en el espacio expuestos a una intensa radiación UV y a radiación cósmica, factores que han sido demostrados como letales en el caso de bacterias y otros microorganismos. Parece ser que el córtex ejerce una función única como protector del alga. Además, la

## Nuevos pasajeros para Foton M-3

La reciente presentación de nuestros trabajos a un *Topical Team* de la ESA que investiga sobre organismos extremófilos y su potencial capacidad de supervivencia en condiciones marcianas, fue muy bien acogida y ha hecho que fuéramos incluidos en el grupo de trabajo. Para continuar con nuestra investigación, ya tenemos programado un nuevo experimento para el año 2007. En la siguiente misión del satélite Foton M-3 volarán las mismas especies, pero esta vez les acompañan otros microorganismos para comparar su capacidad de supervivencia con la de los líquenes. La parte más interesante es la integración de nuestros líquenes dentro de un meteorito artificial llamado Fotino, proyecto subvencionado por la Dirección de Vuelos Espaciales de la ESA. Fotino será lanzado desde el satélite Foton y volverá a la Tierra apoyado por una tecnología revolucionaria, un cable muy largo y fino (30 Km, 0'5 mm) que reemplazará al retrocohetes convencional para ayudar a la cápsula a aterrizar. Ya producido el desprendimiento del cable, la cápsula que integra Fotino comenzará la reentrada a la atmósfera, para caer con seguridad y precisión sobre la superficie terrestre. Los resultados que obtengamos serán especialmente interesantes para aportar nuevos conocimientos a una parte integrante de la teoría de la Panspermia, que apoya la supervivencia de organismos vivos después de la reentrada de meteoritos a la atmósfera de un planeta y caída sobre su superficie.



Los Fotinos son las pequeñas esferas de color blanco adheridas al satélite Foton.

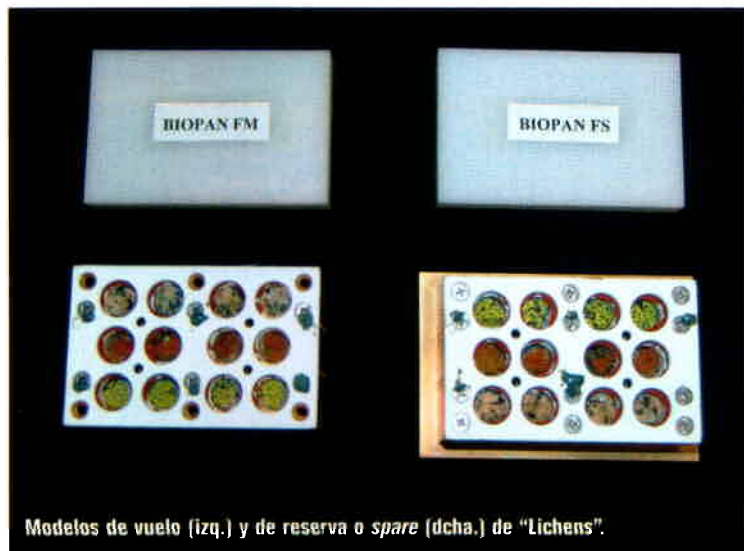
deshidratación del líquen, y la entrada en un estado latente, conlleva que no sufra ningún tipo de daño, tal y como comprobamos después del vuelo.

Estos conocimientos hacen que nuestros líquenes se puedan considerar un modelo ideal sistemático para el estudio de la supervivencia sobre la superficie rocosa en un medio ambiente como el de Marte. Si tenemos en cuenta la presión atmosférica y la composición del planeta rojo, las fluctuaciones de temperatura y el espectro e intensidad de la climatología UV, los resultados pueden contribuir a estimar la habitabilidad de su superficie. Ello es relevante para planificar nuevos experimentos que intenten hacer una aportación a la existencia de organismos vivos en Marte, así como en el estudio de la protección planetaria.

Todos estos resultados aportan nuevos conocimientos a la teoría de la Panspermia, que apoya que la vida pudo originarse a través de un transporte interplanetario de organismos vivos entre diferentes planetas. Estos organismos habrían sido simples o poco evolucionados, fundamentalmente procariontas, tales como bacterias o algas, incluidos en meteoritos, que se habrían originado a través del impacto de un asteroide sobre un planeta, en este caso la Tierra o Marte, siendo lanzados posteriormente al espacio. Pero la elevada

capacidad de supervivencia demostrada por los líquenes abre una nueva faceta en la teoría de la Panspermia, permitiendo incluir a estos organismos más evolucionados en el concepto de potenciales viajeros espaciales.

*Queremos agradecer al Programa del Espacio del Ministerio de Ciencia y Tecnología y al CDTI su gran apoyo en la realización de nuestro proyecto, imprescindible a la hora de cumplir con todas las actividades integradas en la misión.*



Modelos de vuelo (izq.) y de reserva o spare (dcha.) de "Lichens".



Integración experimentos en ESA: Un especialista de la ESA integrando los experimentos antes del lanzamiento.

Experimento "Lichens" integrado en Biopan.

