

LAS ALGAS RUPESTRES DE ATAPUERCA



01



02

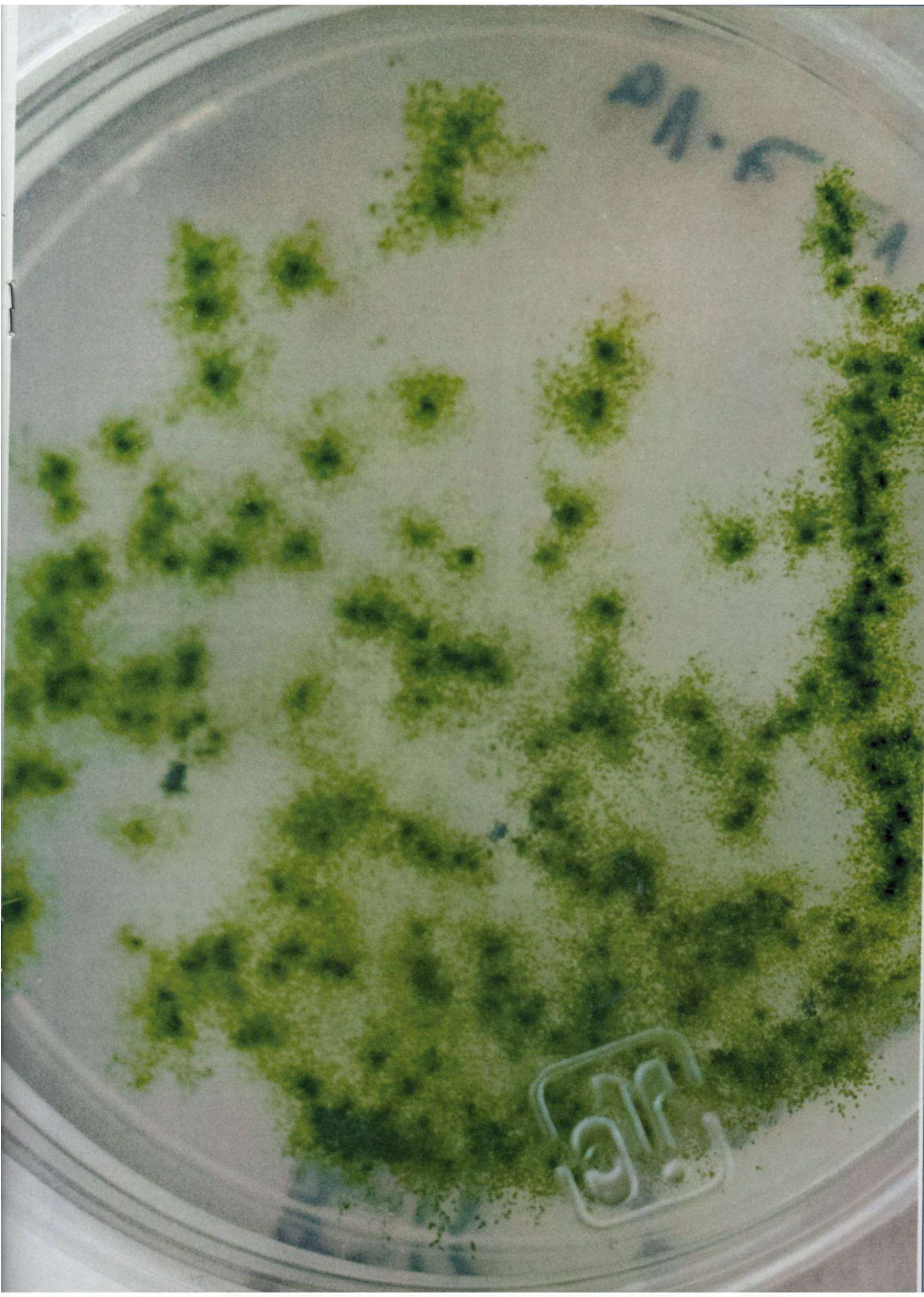
■ Ángeles Gallar

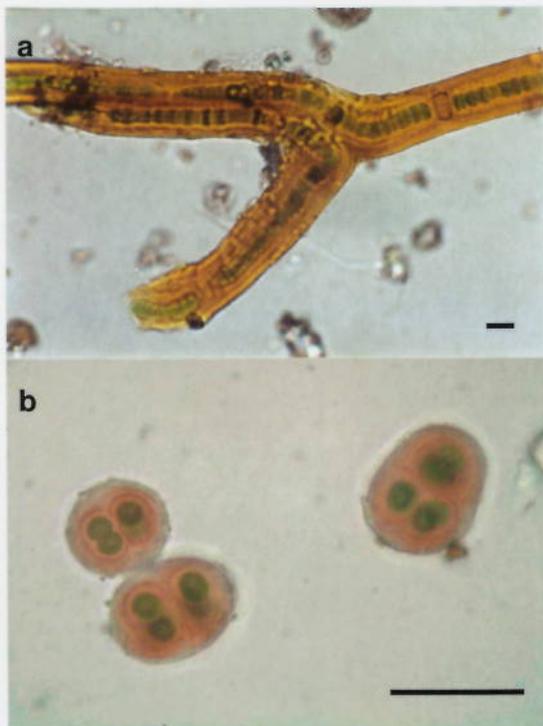
La profesora del Departamento de Biología Aplicada de la Universidad Miguel Hernández (UMH) de Elche Antonia Dolores Asencio Martínez analiza en los yacimientos de la Sierra de Atapuerca, en Burgos, la participación de las algas en el deterioro biológico de las pintu-

ras rupestres de este complejo arqueológico. Su objetivo es evaluar los efectos del desarrollo de estos organismos en las manifestaciones pictóricas y establecer un protocolo para la protección de las pinturas rupestres que garantice su conservación, frente al deterioro algal.

01. Aspecto que presenta la pintura del Abrigo de Los Pucheros (Cieza, Murcia) tras el desprendimiento de parte de la cabeza del cáprido como consecuencia del desarrollo algal casmoendolítico. Fuente: J. Salmerón

02. Crecimiento algal epilítico en el ídolo de la Cueva-Sima de La Serreta (Cieza, Murcia). Fuente: J. Salmerón





Imágenes al microscopio óptico de cianoprocariotas que se suelen desarrollar en cuevas. Se trata de la especie filamentosa *Scytonema mirabile* (a) y de la especie cocal *Gloeocapsa novacekii* (b). La barra que aparece en ambas imágenes se corresponde con 10µm. Fuente: A.D. Asencio.



Antonia Dolores Asencio Martínez,
Profesora del Área de Botánica
de la UMH

Recibió la Medalla de Honor “Botánico Cavanilles” en 2018 por su actividad investigadora que incluye más de un centenar de contribuciones científicas en el campo de la ficología, relacionadas con la taxonomía y la sistemática, la ecofisiología, la biodiversidad, el desarrollo de especies en ambientes extremos y sus adaptaciones al cambio climático, los bioindicadores de contaminación de sistemas acuáticos, la extracción de metabolitos secundarios de interés biotecnológico y la toxicidad, además de otros estudios sobre el biodeterioro del patrimonio histórico-artístico.

En las entrañas de la Sierra de Atapuerca se extienden más de 3.000 metros de cuevas y galerías. Declarado Patrimonio de la Humanidad por la Unesco, el sitio arqueológico y paleontológico de Atapuerca contiene restos humanos de 1.300.000 años de antigüedad. Al menos cuatro especies de homínidos han habitado las cuevas: Antecesor, Heidelbergensis, Sapiens y otra especie todavía sin identificar. Los habitantes de Atapuerca decoraron las paredes con graffías en forma de árboles, peines, líneas, puntos, matrices, y zig-zags en color negro y rojo, además de grabados sobre la piedra. Aunque sorprendentemente bien conservadas, estas formas de arte rupestre se pueden ver amenazadas por otro habitante de las cuevas aún más antiguo: las algas verdeazuladas. Estos organismos microscópicos (de entre dos y doscientos micrómetros) están presentes en casi todos los ambientes acuáticos y terrestres del planeta donde actúan como productores primarios e introducen la energía en los ecosistemas.

Antonia Dolores Asencio Martínez es investigadora del Área de Botánica de la Universidad Miguel Hernández (UMH) de Elche y, actualmente, lleva a cabo un estudio de la microflora algal en el yacimiento de Atapuerca. La experta en el estudio de las algas explica que las microalgas (llamadas cianobacterias, cianoprocariotas, cianofíceas o algas verdeazuladas) “se pueden desarrollar en numerosos ambientes, incluidos los más extremos. En estos últimos se incluyen las cuevas, que han servido de refugio para determinadas especies desplazadas allí por competencia y que para su adaptación han sufrido diferenciaciones morfológicas y fisiológicas.” La mayoría

son capaces de gestionar la producción de su propia energía, porque pueden fijar nitrógeno atmosférico en el interior de unas células especiales, denominadas heterocitos, donde la enzima nitrogenasa lleva a cabo este proceso energético. Precisamente, esta capacidad de fijar nitrógeno atmosférico es la que les permite desarrollarse en hábitats inhóspitos donde otros organismos no pueden hacerlo.

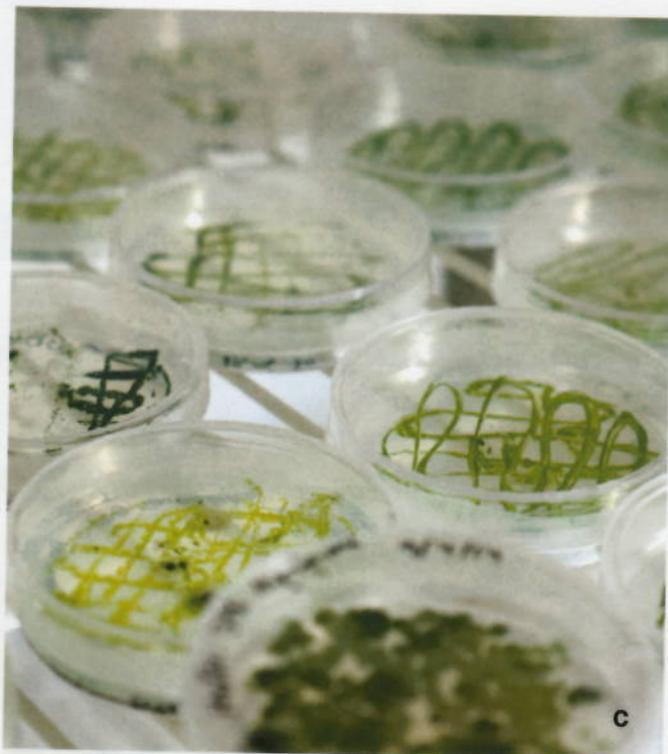
“Si después de un exhaustivo proceso de estudio, el espécimen no se puede identificar, es cuando recurrimos al análisis genético”

“Es increíble cómo las cianofíceas se pueden enfrentar a situaciones tan adversas”, comenta la investigadora. Asencio ha realizado varias investigaciones sobre el papel de las algas en el biodeterioro del patrimonio histórico y artístico. Desde 2017, colabora en el estudio de las microalgas presentes en el yacimiento burgalés.

“En Atapuerca, hemos estudiado la problemática de una pintura en concreto”, explica, pero las algas suponen un problema para las pinturas rupestres a nivel general. Según Asencio, puede suceder que las algas cubran las pictografías al crecer en la superficie de la piedra o que penetren en el interior de la roca aprovechando alguna fisura y provoquen el desprendimiento de las pinturas como consecuencia de su crecimiento dentro de los poros y las grietas del sustrato. Que las microalgas se desarrollen dentro o fuera de la roca, parece depender de la cantidad de luz que reciben. Asencio ha estudiado la microflora de muchas cuevas y abrigos del sureste español, que albergan pinturas rupestres de estilo Levantino del periodo Neolítico. “En uno de nuestros trabajos estudiamos una imagen que representaba a un ídolo al que apenas podíamos visualizar por el crecimiento en la superficie de la roca y en otro caso el desprendimiento de la cabeza de un cáprido como consecuencia del crecimiento en el interior de la piedra impedía apreciar la pintura en todo su esplendor”, explica la profesora.

En mayo de 2019, la investigadora visitó la Cueva Mayor de Atapuerca. Esta cueva fue ocupada durante el Neolítico (entre el 5.000 y el 3.000 a.C) por grupos humanos sedentarios que practicaban la agricultura y la ganadería. Tras la recolección de muestras in situ y una vez en el laboratorio, "lo primero es observar el material a la lupa", explica Asencio. En este momento, separan los especímenes por ecología, morfología y colores. "Una observación a 40 aumentos en la lupa te da muchísima información", apunta la profesora. Una vez separadas, se hacen preparaciones de las muestras para el microscopio y se documentan todos los especímenes de algas presentes, con fotografías y medidas. Posteriormente, y en aquellas especies que así lo requieran, se cultivan con el fin de conocer su ciclo vital completo que permita su correcta identificación. "Utilizamos medios de cultivo sólidos y líquidos", explica Asencio. Los sólidos son más efectivos para aislar las distintas especies y, cuando ya están completamente separadas, las pasan a un medio líquido con aireación con el que crecen más deprisa.

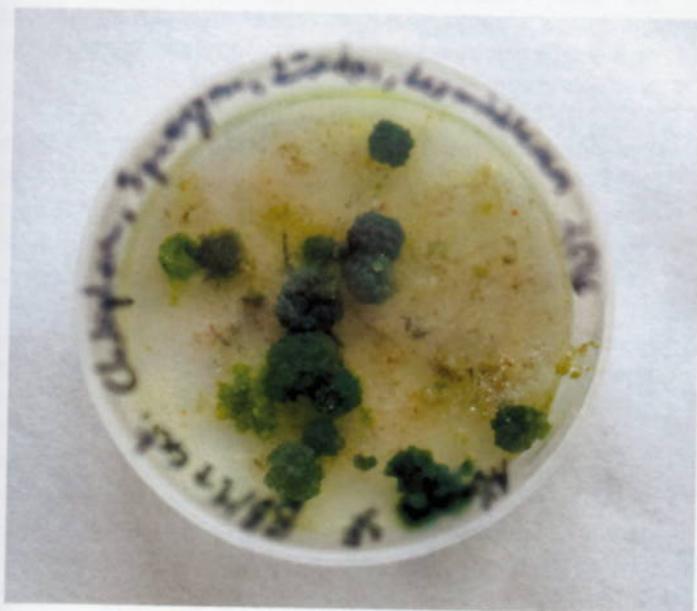
Algunas especies son fáciles de identificar, otras lo ponen más difícil debido a sus especiales características. "Si después de un exhaustivo proceso de estudio, el espécimen no se puede identificar, es cuando recurrimos al análisis genético", comenta la investigadora. En un ambiente científico que cada vez se decanta más por el mero análisis genético, Asencio defiende que la habilidad para la clasificación o taxonomía se trabaje desde el conocimiento morfológico y ecológico de las especies, pero sin olvidar las herramientas genéticas. En ocasiones, estos ambientes cavernícolas albergan especies poco estudiadas o incluso, indeterminadas. La propia profesora Asencio identificó una nueva especie en 1996, *Symphyonema cavernicolum*, encontrada en la cueva-sima de La Serreta, en el cañón de Los Almadenes, en Cieza (Murcia).



Una característica particular de estas algas es que las recubre una capa mucilaginososa de aspecto viscoso, denominada vaina, cuyo grosor varía dependiendo de la cantidad de agua acumulada. Esta vaina, además de ser un reservorio de agua para mantener la actividad metabólica en condiciones de sequía, puede aparecer coloreada debido a la presencia de pigmentos en su interior que actúan como filtros para disminuir la luz incidente. Estos pigmentos se denominan escitoneminas y van desde el azul y lila al rojo, naranja y pardomarillento. "Son una preciosidad", aprecia la profesora. Las escitoneminas, además de proteger de la radiación ultravioleta, tienen propiedades antiinflamatorias, lo que las convierte en un componente ideal para formar parte de las cremas de protección solar. Hasta el momento no existe en el mercado ninguna crema solar a base de escitoneminas pero sí con micosporinas, que son sustancias incoloras que se localizan en el interior celular de las algas verdeazuladas, aunque no son exclusivas de estos organismos, que también filtran la radiación ultravioleta. Tanto las escitoneminas como las micosporinas permiten que algunos microorganismos logren sobrevivir en ambientes tan extremos como el desierto de Atacama, en Chile, el lugar más seco e irradiado del planeta.

Aunque las algas microscópicas no se pueden percibir a simple vista, en la superficie de la roca se agrupan y forman comunidades que sí son visibles. "Les llamamos tapiz para designar una masa filamentososa que no presenta precipitación de carbonato cálcico o es escasa, pátina que se corresponde con una película delgada que puede tener o no cristales de carbonato y costra para identificar una capa con carbonato cálcico de grosor y dureza considerable", explica Asencio. Estas comunidades algales que aparecen coloreadas con distintas tonalidades, pueden participar en el biodeterioro de las pinturas bien por su crecimiento epilítico (en la superficie de la piedra) o por su desarrollo casmoendolítico (cuando penetran en el interior de la roca aprovechando las fisuras). Una vez que la profesora de la UMH identifique de qué especies se trata y cuál es su forma de desarrollo se podrán estudiar métodos de control. En otros monumentos históricos se han utilizado tanto tratamientos físicos como químicos para frenar el avance de las algas.

C. Distintas especies en cultivo de la División Cyanophyta (algas verdeazuladas, cianofíceas, cianobacterias, cianoprocariotas) que incluye organismos procariotas fotótrofos que pertenecen al Reino Bacteria. Es un grupo de gran diversidad que comprende aproximadamente 150 géneros y 2.000 especies. Fuente: UMH



Si bien la supervivencia de las pinturas rupestres depende en buena medida del control que se ejerza sobre las poblaciones algales de las cuevas, la microflora representa -en sí misma- un patrimonio biológico de valor incalculable. En la superficie de la roca, las microalgas forman patrones de color que bien podrían considerarse una forma de expresión artística de la naturaleza. Pero, principalmente, las cianobacterias son el verdadero pulmón del planeta. Hace tres billones de años, estos organismos crearon la atmósfera tal y como la respiramos. Hoy, las cianoprocariotas se plantean como una solución al calentamiento global por su habilidad para convertir el CO₂ atmosférico en energía útil. Estos microorganismos podrían ser claves tanto en la conservación del legado de nuestra especie como para asegurar su futuro ■