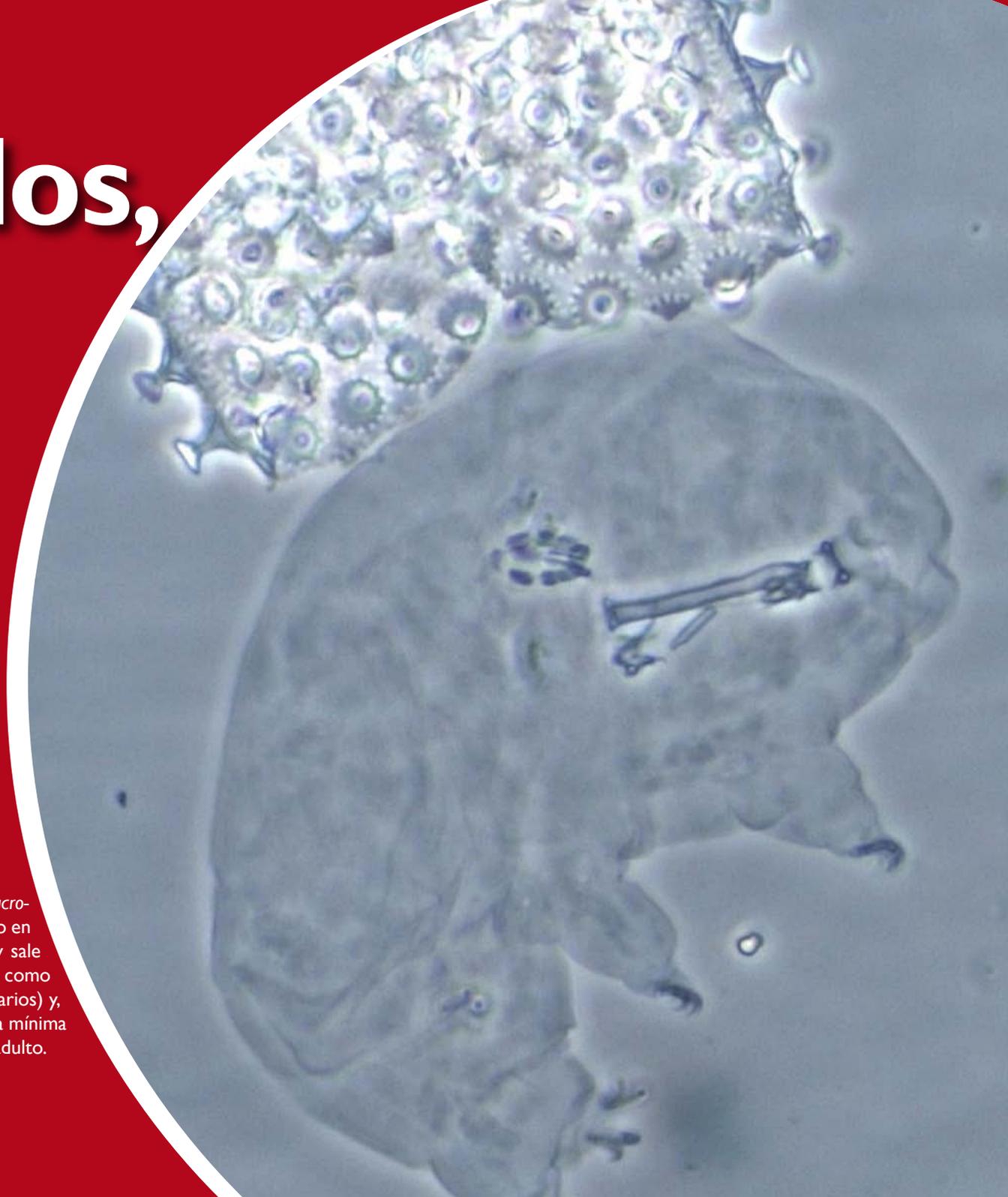


Tardígrados, más allá de la vida



Noemí Guil
López

Cría de tardígrado de la especie *Macrobiotus hufelandi* justo en el momento en que ha roto la cáscara del huevo y sale de éste. Las crías de tardígrado son como los adultos (no tienen estadios larvarios) y, en casos contados, presentan alguna mínima diferencia morfológica respecto al adulto.



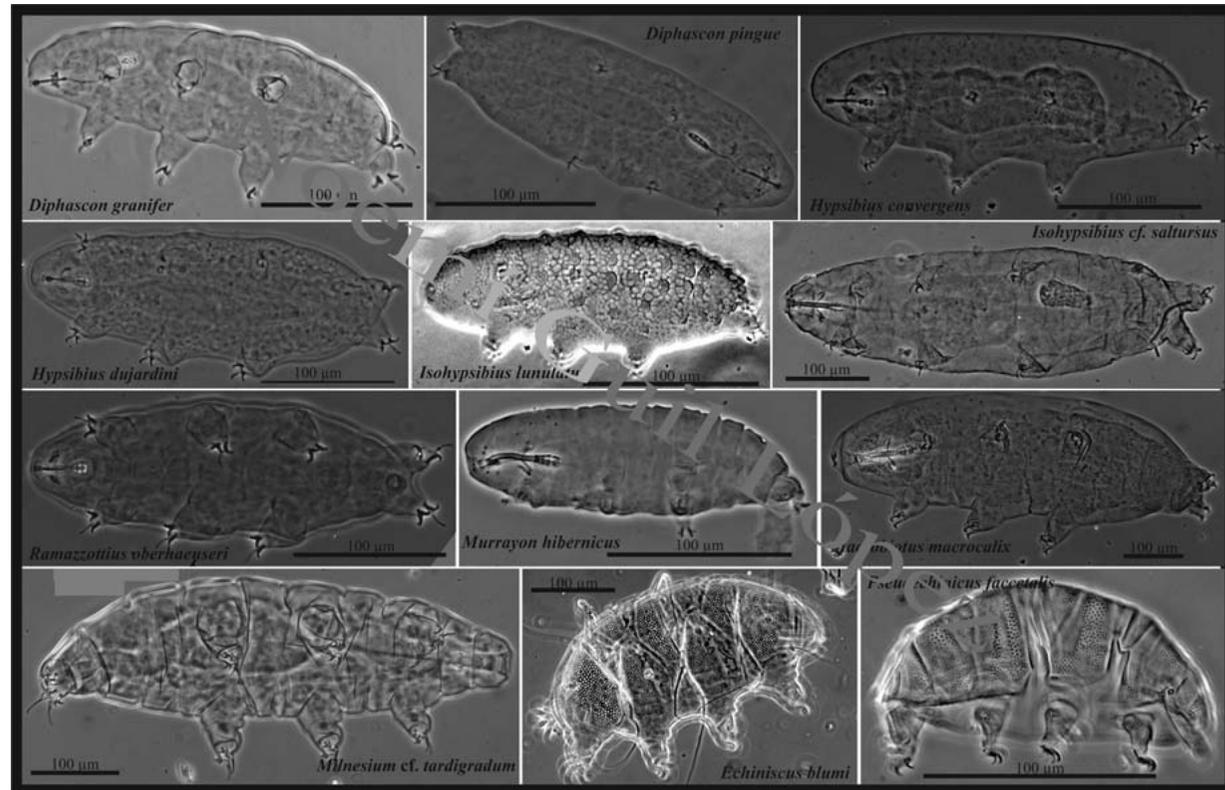


Son organismos extremadamente resistentes, capaces de sobrevivir en estado de latencia a condiciones ambientales extremas. Están presentes en todos los rincones del planeta y sin embargo no los ves. Son los tardígrados, un filo tan extenso como poco conocido que podría ayudarnos a mejorar el funcionamiento de los suelos, afrontar cuestiones evolutivas, desarrollar aplicaciones en biomedicina y entender los procesos de envejecimiento

La característica principal que define la vida hoy en día es la capacidad de los seres vivos de metabolizar, de mantener la actividad mínima para la supervivencia. Por ello, cuando no detectamos metabolismo en un organismo, lo consideramos muerto. Sin embargo, como tantas veces ocurre en la naturaleza, nada es tan simple, y como tantas veces en ciencia, no todo es siempre lo que parece. Existen organismos con la capacidad de entrar en estados de latencia durante los cuales no somos capaces de medir su metabolismo; sin embargo, son estados desde los que esos organismos son capaces de retornar a la actividad, a lo que consideramos vida. No se trata de un 'zombie', ni de un retorno de la muerte, como pudiera parecer, sino de una limitación tecnológica de los seres humanos para medir ciertos umbrales mínimos de metabolismo. Tal es el caso de los tardígrados u 'ositos de agua'. Estos animales son capaces de entrar en un estado de latencia, que llamamos criptobiosis, cuando las condiciones del entorno no les son favorables, y durante el cual pueden soportar condiciones ambientales extremas. En las últimas semanas, los tardígra-

dos han sido noticia destacada, ya que un grupo de investigadores japoneses han retornado a la actividad vital a unos tardígrados desde la criptobiosis en que estaban, después de permanecer congelados durante más de tres décadas. Es el récord de permanencia en estado de latencia en el laboratorio y su posterior retorno a la actividad, logrando incluso criarlos en cautividad.

Los tardígrados son animales microscópicos, cuyo tamaño medio apenas llega al medio mi-



Parte de la biodiversidad de tardígrados que hemos encontrado en la Sierra de Guadarrama.

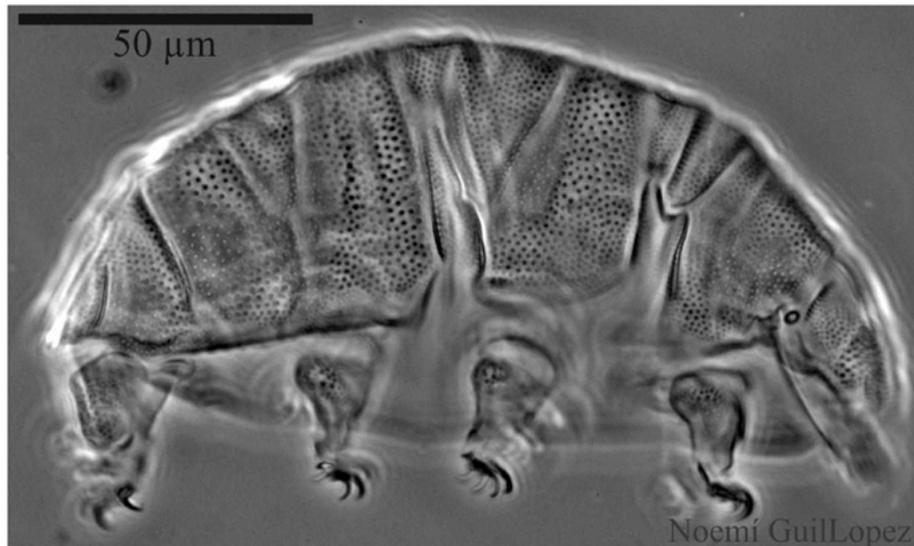


“Las cerca de 1.200 especies descritas hasta la fecha se pueden encontrar por todo el globo terráqueo, desde los Polos hasta el Ecuador, y desde los picos más altos hasta las fosas oceánicas más profundas”

límetro, lo que hace imprescindible el uso de instrumentos que amplifiquen su tamaño, como lupas binoculares, para poder observarlos. El grupo entero (que conforma el filo Tardigrada, el equivalente al grupo que incluye a todos los vertebrados) parece que tiene en los artrópodos (insectos y crustáceos) y los onicóforos (los ‘gusanos aterciopelados’) sus parientes más cercanos, aunque también pudieran relacionarse con los nematodos (otro grupo de gusanos, también microscópicos). Las cerca de 1.200 especies descritas hasta la fecha se pueden encontrar



Tardigrado dulceacuícola de la especie *Dactylobiotus parthenogeneticus*, que se encuentra mudando la cutícula (cubierta exterior, denominada exoesqueleto en los invertebrados), sincronizando la puesta de huevos a esta muda para que estos queden protegidos por la cutícula vieja.

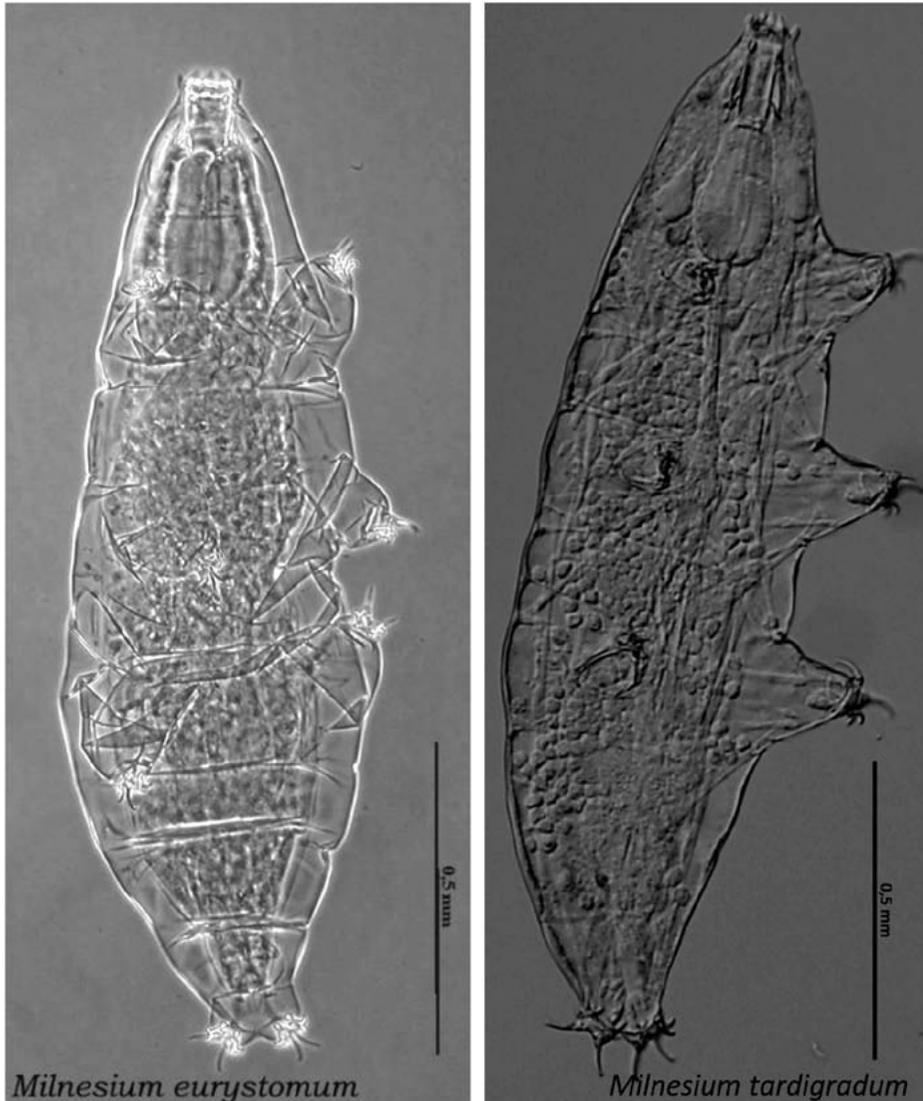


Tardigrado terrestre de la especie *Pseudechiniscus facettalis* de interés evolutivo en cuestiones de especiación y dispersión.

por todo el globo terráqueo, desde los Polos hasta el Ecuador, y desde los picos más altos (como el Everest) hasta las fosas oceánicas más profundas, y en todo tipo de ambientes, tanto marinos, como terrestres y dulceacuícolas. Sin embargo, necesitan estar siempre rodeados de una fina capa de agua para estar activos, pues no cuentan con un aparato respiratorio; realizan el intercambio gaseoso a través de la cutícula (la cubierta exterior de su cuerpo) por medio del agua. Aunque no tienen sistema respiratorio ni circulatorio (el movimiento de las células internas lo realizan cuando se desplazan), sí cuentan con los aparatos nervioso, excretor o reproductor, entre otros, que encontramos en la mayoría de los animales. Los tardigrados tienen un cuerpo cilíndrico, que consta de una cabeza con distintos órganos sensoriales, incluidas unas manchas oculares (pareci-

“No es que los tardigrados mueran y retornen a la vida sino que tenemos una limitación tecnológica para medir los umbrales mínimos de su metabolismo”





Especies del género *Milnesium* (*Milnesium eurytomum* y *Milnesium tardigradum*) de interés en el estudio de especies cosmopolitas con dispersión ilimitada, similar al de virus y bacterias, así como objeto de estudio para determinar las sustancias involucradas en la criptobiosis.

“En estado de criptobiosis son capaces de soportar temperaturas extremas, desde los 150 a los $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$, niveles letales para los seres humanos de rayos X y radiación ultravioleta y altísimas presiones atmosféricas”

das a nuestros ojos) y una boca, y un tronco, en el que se encuentran cuatro pares de patas que terminan en unas uñas. Las dos patas posteriores les valen para sujetarse al sustrato en que se encuentren, mientras que las otras seis les sirve para moverse (mediante una especie de gateo) y/o para palpar lo que hay a su alrededor.

Como ya he comentado, los tardígrados son especialmente interesantes y llamativos por la capacidad que tienen de entrar en criptobiosis, ya que soportan condiciones extremas (forman parte de los llamados organismos extremófilos), estando entre los más resistentes. En ese estado los tardígrados son capaces de soportar temperaturas extremas, desde los $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ (casi la temperatura para hornear una pizza) hasta el cero absoluto (que corresponde a algo menos de $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$, muy por debajo de las temperaturas que se encuentran en los Polos, donde el récord, registrado en la Antártida, es de $90\text{ }^{\circ}\text{C}$), niveles letales para los seres humanos de rayos X y radiación ultravioleta, presiones hasta seis veces la presión que hay a 10.000 metros de profundidad en el océano (1.000 veces la presión atmosférica), e incluso condiciones extraterrestres. En un experimento realizado por la ESA (Agencia Estatal Europea, en inglés *European Spatial Agency*), se expuso a los tardígrados a las condiciones existentes fuera de la nave espacial, y sobrevivieron no sólo los tardígrados que se encontraban en criptobiosis, sino también varios de los que estaban activos. En una segunda fase de este experimento, esos mismos tardígrados se bajaron de nuevo a la Tierra y pudieron vivir en cautividad con éxito, e incluso, se reprodujeron y tuvieron una progenie totalmente normal. Cualquier otro organismo sin esta extraordinaria capacidad de los tardígrados (por supuesto, incluidos los humanos), hubiese muerto al ser expuesto al vacío existente en el



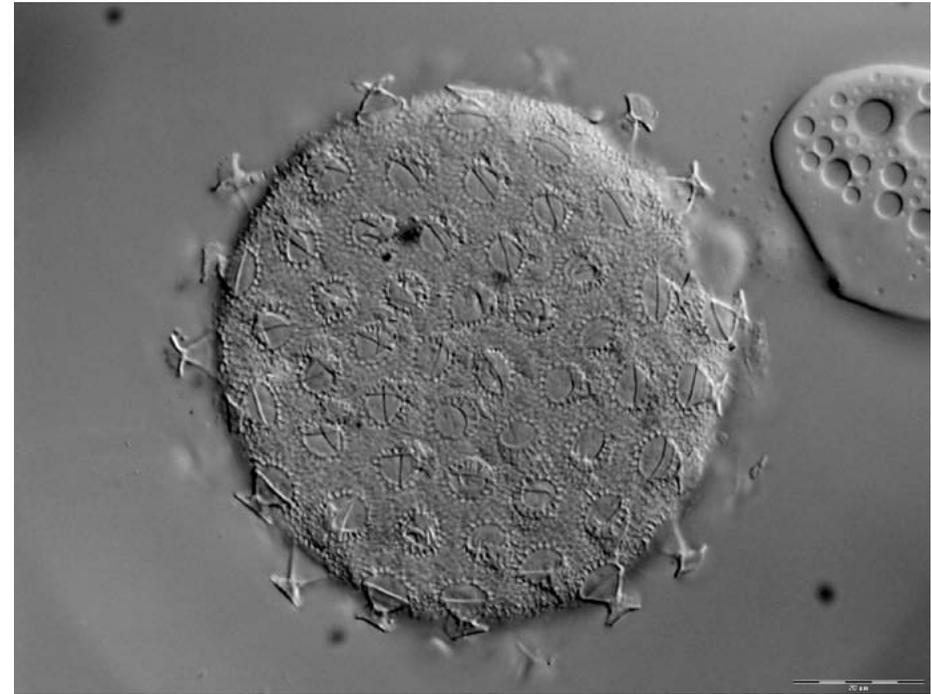


espacio exterior, por los rayos cósmicos o por las bajas temperaturas, y, en cualquier caso, su descendencia, de sobrevivir, hubiese presentado mutaciones y enfermedades letales.

A pesar de esta lista impresionante de récords en cuanto a la supervivencia, estos y otros aspectos de los tardígrados, incluso los más básicos, son muy poco conocidos o totalmente desconocidos. Como ocurre en otros muchos organismos, el estudio de la biodiversidad global de los ositos de agua se encuentra bajo mínimos, con toda probabilidad el número de especies descritas está por debajo del 10% respecto a su biodiversidad total. Este hecho repercute inevitablemente en la percepción que tenemos de su papel e importancia en los distintos ecosistemas. Aún así, hemos descubierto recientemente su distribución en los distintos ambientes según los grupos tróficos (por ejemplo, los carnívoros o los herbívoros), su biodiversidad relativa (relacionada con la calidad del ambiente), y su relación e interacción con los nematodos edáficos, que son organismos fundamentales en el funcionamiento y la salud de los suelos (afectándonos directamente por su repercusión en la agricultura). En este sentido, los tardígrados actúan como 'superdepredadores' sobre los nematodos carnívoros y así regulan toda la cadena trófica de los nematodos. La importancia de este descubrimiento es su repercusión en la evaluación que hacemos de los suelos y su salud, y el posible uso de los tardígrados en el control de plagas (ya que algunos nematodos son patógenos de plantas hortícolas, como el tomate).

“Durante la criptobiosis los tardígrados no envejecen, es lo que se conoce como el ‘efecto bella durmiente’, hecho que parece estar relacionado con un proceso de reparación del ADN”

En un aspecto evolutivo, los tardígrados, debido a su tamaño microscópico y a la criptobiosis, presentan características biológicas más parecidas a las bacterias y los virus (como por ejemplo, los estados de latencia o la dispersión pasiva geográficamente ilimitada, mediante el viento, agua u otros organismos), aunque genealógicamente están emparentados con el resto de los animales. Esta ubicación ecológico-funcional y filogenética los hace organismos ideales para plantear cuestiones evolutivas.



Huevo perteneciente a la especie *Macrobiotus hufelandi*, con ornamentos en la superficie, que les permite quedar enganchados al sustrato y así poder desarrollarse en el medio.

Más allá de estas aplicaciones ecológicas y evolutivas, las posibles aplicaciones de los procesos y las sustancias implicadas en la biología de los tardígrados son muchas y variadas. Un ejemplo es el estudio y la caracterización de los materiales que forman la cutícula de los tardígrados (la cubierta exterior que se conoce como exoesqueleto -esqueleto exterior- en los animales invertebrados), que podría dar lugar al desarrollo de distintos materiales de gran resistencia y flexibilidad si-

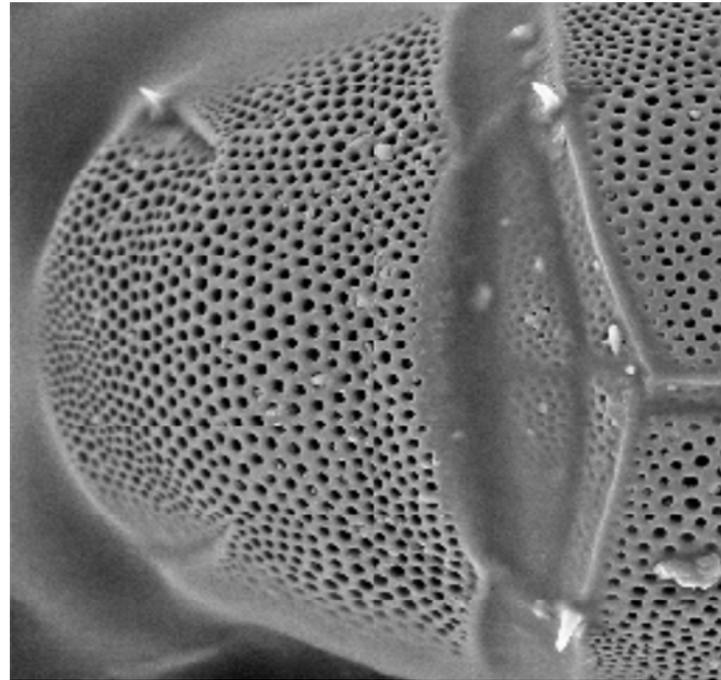




“La caracterización de los materiales que forman la cutícula de los tardígrados podría dar lugar al desarrollo de materiales de gran resistencia y flexibilidad simultáneamente”

multáneamente. En un aspecto relacionado con nuestras vidas, hay gran cantidad de aplicaciones potenciales en Biomedicina, asociadas a los procesos y sustancias implicadas en la criptobiosis. Tal es el caso de los trasplantes de órganos, ya que dichas sustancias mantienen las células y los tejidos intactos a pesar de las condiciones del entorno (como la congelación o la desecación), y podrían ser utilizadas para mantener de forma ilimitada en el tiempo los órganos para trasplantes.

De una forma más hipotética, de cara al futuro, hay investigadores que han planteado su uso en viajes espaciales de larga distancia. Más aún, durante la criptobiosis los tardígrados no envejecen, es lo que se conoce como el ‘efecto bella durmiente’; hecho que parece estar relacionado con un proceso de reparación del ADN de los tardígrados cuando éstos “despiertan” de la criptobiosis. Las posibles aplicaciones para el entendimiento y tratamiento de nuestro propio envejecimiento son obvias. Finalmente, estos mismos procesos de reparación del ADN y sustancias



implicadas durante la inducción y retorno de la criptobiosis nos podrían ayudar a entender y tratar distintos cánceres. Durante mucho tiempo el estudio de la criptobiosis se abordó desde el aspecto celular, llegando, incluso, a mantener células humanas en criptobiosis durante cinco días. Sin embargo, la complejidad de los procesos implicados, así como la cantidad de sustancias aún no descritas que intervienen, han hecho que en el último lustro se cambie radicalmente la manera de abordar el estudio de la criptobiosis a un punto de vista molecular, implicando, por ahora, la genómica y la proteómica (el estudio global del ADN y su traducción a proteínas).

“La biología de los tardígrados es interesante por la apertura de miras y explosión de conocimiento que nos provoca y, a largo plazo puede mejorar nuestra calidad de vida”

Detalle de los poros de la cutícula de un ejemplar de la especie *Echiniscus blumi*, por donde realizan el intercambio gaseoso a través de la fina capa de agua que los rodea cuando están activos.

La biología de los tardígrados no sólo es interesante por la apertura de miras y explosión de conocimiento que nos provoca. Los nuevos planteamientos exceden de los estereotipos marcados por las generalidades establecidas a partir del estudio de unos pocos grupos de organismos, y su conocimiento abriría un mundo de aplicaciones para mejorar nuestra calidad de vida a largo plazo. Una mayor inversión económica y de esfuerzo en su estudio redundaría en avances en múltiples aspectos, como se ha expuesto en este artículo, deparándonos sorpresas y descubrimientos que aún no podemos ni imaginar, pero que ansiamos encontrar ■

