

Tardígrados  
(Unos astronautas muy duros)

*¿Acaso puede entrar un astronauta en una gota de agua?  
¡Solo si es un oso de agua!*



Violeta Gallego-Rodríguez<sup>1</sup>, Andrea Jurado-Muñoz<sup>2</sup> y Carmen Palomino-Cano<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Uppsala, Uppsala, Suecia, <sup>2</sup> Instituto de Productos Lácteos de Asturias (IPLA), Asturias, España, y <sup>3</sup> Instituto de Salud Tropical de la Universidad de Navarra, Navarra, España

## Tardígrados

### Contexto

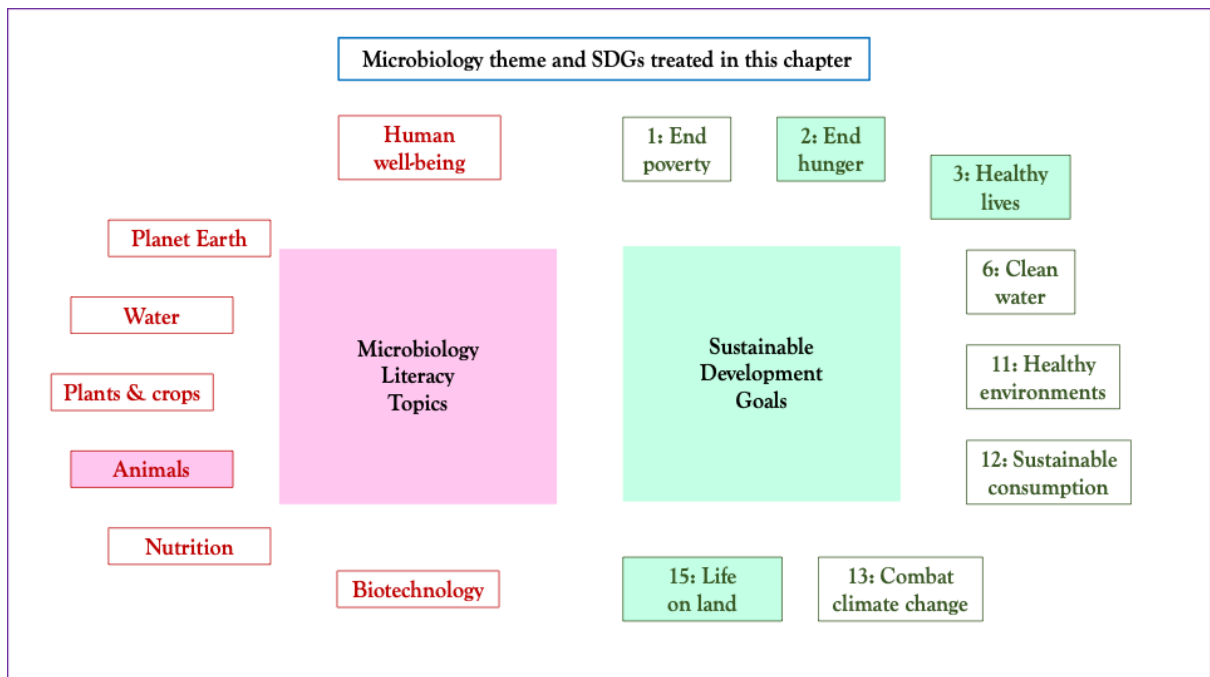
Cuando pensamos en animales, los primeros que nos pueden venir a la cabeza son aquellos con los que compartimos nuestro día a día- perros, gatos, peces, vacas, hormigas, aves, etc. – o sobre los que aprendemos en el colegio – leones, ballenas, tiburones, tigres, etc. Pero ¿qué pasa con los que no pueden verse a simple vista? Estamos rodeados por un mundo microscópico vasto y diverso, y los tardígrados están entre aquellos animales en los que quizá no pensemos en un principio, sin embargo, sus extraordinarias adaptaciones a los entornos más extremos no dejan indiferente a nadie.

Los tardígrados, también llamados osos de agua, son **invertebrados** diminutos y transparentes que fueron descubiertos en el siglo XVIII por el científico alemán Johann August Ephraim Goeze. El nombre Tardigrada proviene de la palabra latina *Tardigradus*, que significa “que camina lentamente” o “de paso lento”, y se refiere a su extraño andar parecido al de un oso. Estos animales pueden sobrevivir en casi cualquier tipo de entorno que podamos imaginar, desde océanos profundos hasta el Himalaya, e incluso el espacio exterior.

En este *topic framework*, vamos a aprender sobre el ciclo de vida de estos animales, con el objetivo de intentar comprender las estrategias que les permiten adaptarse a entornos extremos, incluido el espacio exterior, y cómo sus impresionantes características pueden ser usadas buscando un impacto positivo en nuestra sociedad.

### La microbiología y el contexto social

*La microbiología*: papel en las redes tróficas; contribución a la salud de los humanos y otros animales; plantas y cultivos y biotecnología. *Cuestiones de sostenibilidad*: acabar con el hambre; vidas saludables; entornos saludables; reducir la contaminación.



### Tardígrados: la Microbiología

## Un enfoque educativo de la microbiología centrado en el estudiante

1. *El oso de agua – el oso (casi) invisible.* Los microbios son, por definición, invisibles a simple vista; necesitamos la ayuda de un microscopio que los amplíe para poder verlos. Aunque no siempre tiene es así, los microorganismos son muy diversos en lo que se refiere a su tamaño y algunos están en el límite de visibilidad del ojo humano, que es de unos 0,1 mm. Los tardígrados tienen un tamaño que varía entre los 0,05 y 0,5 mm (¡más pequeños que un grano de arena!), así que están justo en el límite de visibilidad (¡si sabemos lo que buscamos!). Este tema de no ser ni uno (visible) ni el otro (invisible) es una lección importante de la vida que debemos aprender. Por comodidad, los humanos crean categorías –compartimentos– a las que asignamos cosas, como comida que nos gusta y comida que no nos gusta. Pero debemos tener en cuenta que tales categorías son construcciones artificiales –no naturales– que no reflejan la diversidad de la naturaleza.

Los tardígrados son pequeños animales en el límite de la visibilidad. ¿Deberían considerarse microbios? ¿O no? Bueno: los microbiólogos son personas muy inclusivas y acogen de buen agrado todo lo pequeño. Además, para ver cómo es un tardígrado – lo bonito que es (ver vídeos abajo) – necesitamos un microscopio, *así que ahí lo tienes: ¡los tardígrados son microbios!*

Existen muchos ejemplos de microbios que pueden verse en determinadas circunstancias. Por ejemplo, los hongos son microbios y, sin embargo, producen cuerpos fructíferos que podemos ver cuando vamos al bosque en otoño, al supermercado a comprar setas para un risotto, o vemos manchas negras en los azulejos del baño. Los hilos verdes de microalgas en los arroyos son otro ejemplo. ¡Pero los tardígrados son especiales!

2. *¿Cómo son?* El cuerpo de los tardígrados está dividido en cinco segmentos y cubierto por una cutícula dura. A medida que el animal crece, esta cutícula se desprende, y es una estructura clave que utilizamos para clasificar estos organismos. Si la cutícula es lisa y carece de placas, el tardígrado se considera miembro del grupo Eutardigrada, mientras que, si la cutícula está protegida con placas, el tardígrado se clasifica dentro del grupo Heterotardigrada.

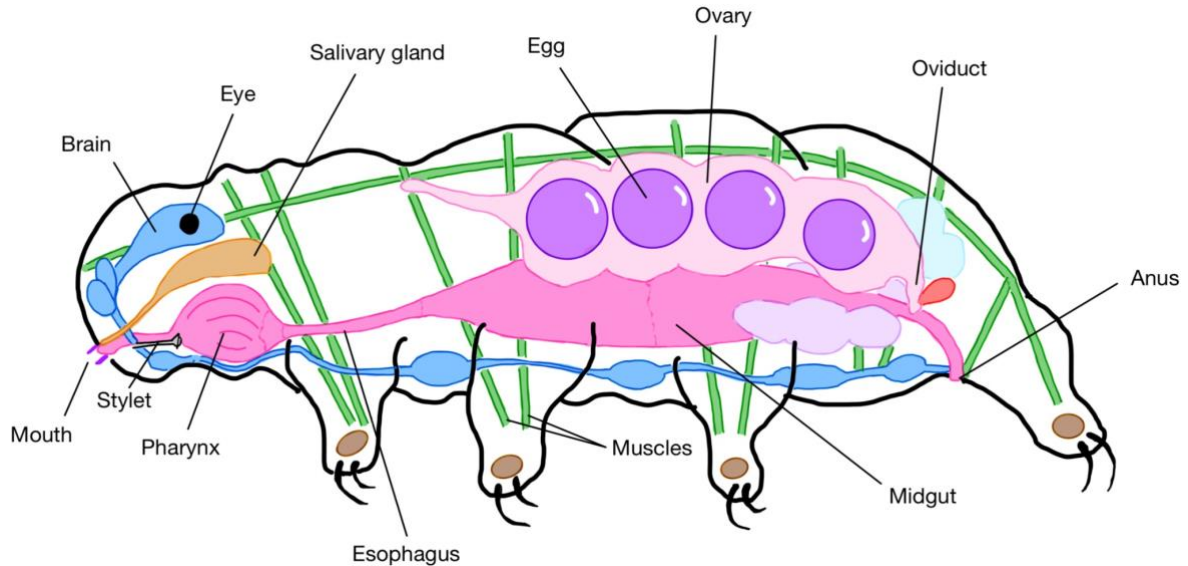
Los tardígrados se mueven usando los músculos asociados a sus cuatro pares de piernas, utilizando sus pequeñas garras para aferrarse a superficies y evitar deslizarse. En el interior de sus cuerpos, los tardígrados tienen una cavidad conocida como **hemocelo**, que está llena de un fluido incoloro llamado **hemolinfa**.

Como otros animales, los tardígrados poseen sistemas respiratorios y circulatorios, pero su pequeño tamaño viene con características muy interesantes. Por ejemplo, no tienen órganos respiratorios especializados (como pulmones o branquias); en cambio, intercambian gases a través de la **epidermis** y la cutícula. También carecen de corazón u otros órganos circulatorios; en su lugar, la circulación se realiza mediante el movimiento de la hemolinfa y de las células dentro del hemocelo.

Sin embargo, hay un órgano muy importante que poseen los tardígrados: el cerebro. Los cerebros pertenecientes a tardígrados adultos pueden contener entre 200 y 370 neuronas –similar al cerebro de algunas avispas adultas – y solo ocupan aproximadamente el 1% del volumen corporal. Su cerebro se considera más sencillo en comparación con el de insectos de tamaño similar porque otras estructuras vinculadas a la actividad cerebral, como los ojos y sus nervios asociados, parecen tener morfologías muy simples en los tardígrados.

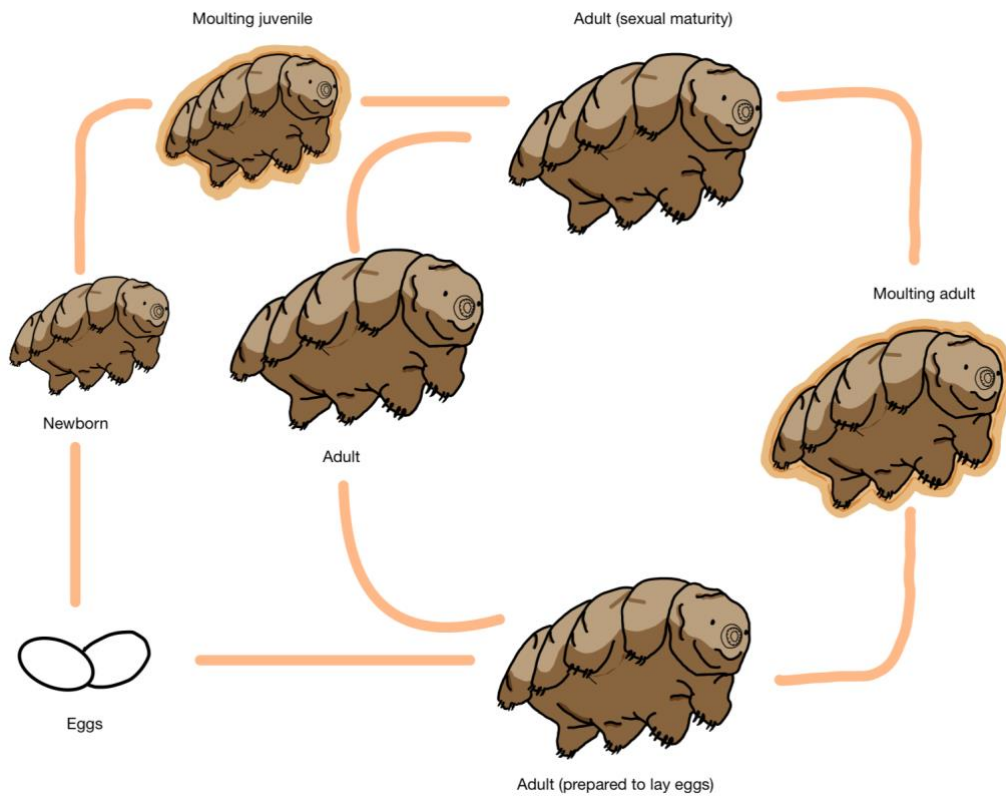
## Un enfoque educativo de la microbiología centrado en el estudiante

En cuanto a su sistema digestivo, el órgano más grande del tardígrado suele ser el intestino. Se divide en un intestino anterior (que incluye el aparato bucofaringeo y el esófago), un intestino medio de tamaño considerable y un intestino posterior más pequeño. Dependiendo de la especie y su dieta, estas estructuras les permiten alimentarse de células vegetales, levaduras, algas, bacterias, nematodos, etc.



3. *¿Cómo se reproducen: el ciclo de vida tardígrado?* La reproducción depende de huevos fertilizados o no fertilizados, y tanto la **amfimixis** (reproducción sexual) como la **partenogénesis** (reproducción asexual) han sido reportadas en este grupo. Las hembras poseen un único ovario que varía en tamaño según la edad y la etapa reproductiva, mientras que los machos tienen testículos cuyas formas difieren entre heterotardígrados y eutardígrados. Algunas especies son hermafroditas, poseyendo un solo ovotestis que normalmente contiene células germinales masculinas y femeninas, aunque en algunos casos dependiendo de la etapas vital un tipo puede predominar sobre el otro.

## Un enfoque educativo de la microbiología centrado en el estudiante



Las diferentes etapas del ciclo de vida tardígrado. Dibujo basado en Altiero et al.

Un ejemplo bien estudiado del ciclo de vida de los tardígrados es el de las hembras de eutardígrados, que consta de varias etapas. Una vez que el embrión se desarrolla por completo y eclosiona del huevo, el tardígrado juvenil pasa por mudas sucesivas (normalmente dos o tres). Tras cada muda, su longitud corporal aumenta hasta alcanzar su tamaño máximo y, finalmente, la madurez sexual. En este punto, la hembra produce y deposita huevos y continúa mudando como adulta a lo largo de su vida.

La información sobre el apareamiento y la fecundación es limitada. En algunas especies, el macho utiliza sus órganos sensoriales para estimular a la hembra a poner los huevos, que luego son fecundados externamente. En otras, la fecundación ocurre antes de la **oviposición**. En los tardígrados hermafroditas se han observado tanto la autofecundación como la fecundación cruzada.

**4. Dónde viven los tardígrados y de qué se alimentan.** Los tardígrados son animales increíblemente versátiles, capaces de sobrevivir en una asombrosa variedad de ambientes —terrestres, de agua dulce y marinos— siempre que haya suficiente agua para mantenerse activos o condiciones estables para sobrevivir en estado latente. ¡Pronto veremos más sobre este último aspecto!

En entorno terrestre, estos organismos microscópicos se encuentran habitualmente en musgos, líquenes, hepáticas y hojarasca. Estos microhábitats proporcionan condiciones ideales tanto para la respiración como para la obtención de alimento. Los tardígrados se alimentan gracias a un bulbo faríngeo, con el que perforan a sus presas mediante diminutos estiletos y succionan el contenido celular. Su dieta varía ampliamente según la especie: algunos consumen algas, células de musgo, plantas, protozoos, bacterias y detritos orgánicos, mientras que las especies depredadoras se alimentan de pequeños metazoos como nematodos, rotíferos e incluso otros tardígrados. A su vez, los tardígrados también pueden convertirse en presa de **colémbolos**, nematodos, ácaros, arañas y larvas de insectos.

## Un enfoque educativo de la microbiología centrado en el estudiante

No se limitan a los musgos y la hojarasca; también habitan suelos húmedos y capas de mantillo, a menudo a varios centímetros de profundidad, especialmente en lugares que retienen agua y nutrientes. Ocupan diminutos espacios entre las partículas del suelo, bajo madera en descomposición o dentro de capas de humus, donde los microclimas estables les ayudan a sobrevivir a las sequías. En ambientes terrestres extremos, se han registrado en musgos de alta montaña, como en la cordillera del Himalaya, así como en desiertos donde el rocío o la niebla proporcionan humedad intermitente.

Incluso los entornos dominados por el ser humano pueden albergar tardígrados, aunque en densidades más bajas. Nichos urbanos como grietas en paredes, musgos en tejados, jardines, aceras y restos de materia orgánica acumulada ofrecen la humedad intermitente que estos animales necesitan. Estas observaciones ponen de manifiesto su capacidad para aprovechar ecosistemas antropogénicos y persistir en hábitats moldeados por la actividad humana.

En los ambientes acuáticos, los tardígrados son igual de versátiles. Algunas especies prosperan en lagos, ríos y estanques de agua dulce, mientras que otras habitan en el medio marino. Pueden adherirse a la vegetación sumergida, vivir en los sedimentos o nadar libremente en la columna de agua.

**5. Vida en ambientes extremos.** Los tardígrados son conocidos por ser extremófilos o extremotolerantes. Los extremófilos son organismos que prosperan y requieren condiciones muy duras que resultarían perjudiciales para la mayoría de las formas de vida en la Tierra, mientras que los extremotolerantes son capaces de sobrevivir en ambientes extremos, aunque necesitan condiciones más suaves para crecer. Los tardígrados se consideran poliextremófilos o poliextremotolerantes porque pueden sobrevivir a distintos tipos de condiciones extremas, como altos niveles de radiación de rayos X, altas presiones, el vacío y temperaturas extremadamente altas o bajas.

La principal estrategia que les permite sobrevivir en estas condiciones es la entrada en un estado reversible de metabolismo detenido denominado **criptobiosis**. Las especies de tardígrados capaces de sobrevivir en ambientes extremos entran en este estado **ametabólico** en respuesta a factores de estrés. Existen varios subestados criptobióticos, dependiendo de las señales ambientales que inducen la ralentización del metabolismo:

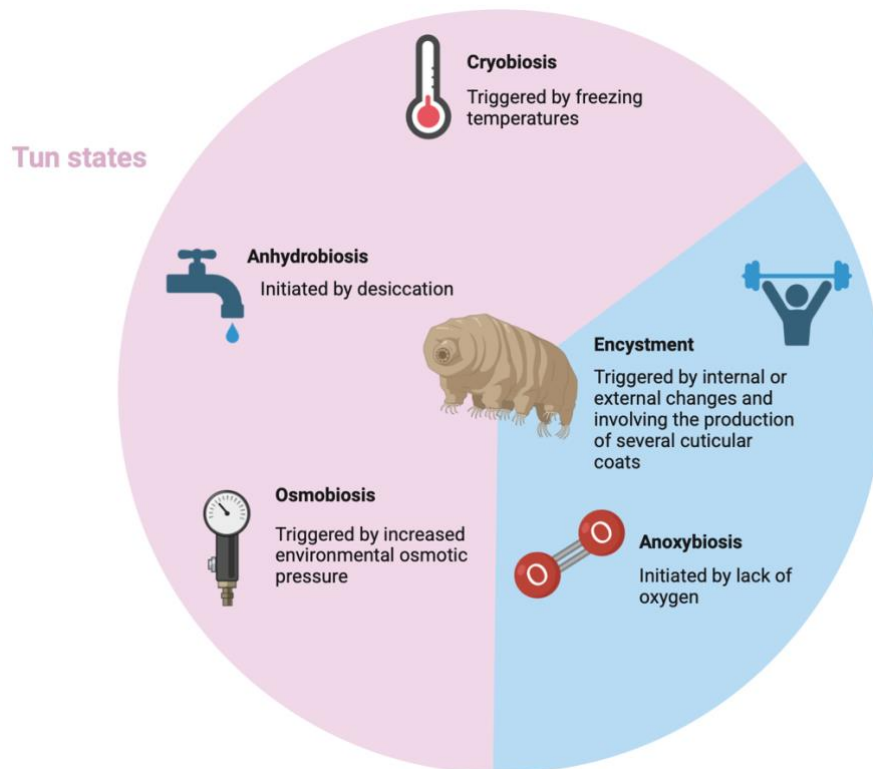
- a) **Anhidrobiosis:** iniciada por la desecación
- b) **Osmobiosis:** iniciada por un aumento de la presión osmótica ambiental
- c) **Criobiosis:** iniciada por la congelación
- d) **Anoxibiosis:** iniciada por la falta de oxígeno
- e) **Quimiobiosis:** iniciada por la presencia de agentes tóxicos en el entorno

No obstante, se requiere más evidencia para confirmar que la anoxibiosis y la quimiobiosis sean verdaderas formas de criptobiosis. En cualquier caso, se ha observado que los tardígrados entran en el llamado **estado de tonel (tun state)** como respuesta al estrés ambiental en anhidrobiosis, osmobiosis y quimiobiosis. Se cree que, al hacerlo, las especies extremotolerantes expresan de forma **constitutiva** bioprotectores necesarios para sobrevivir en el estado criptobiótico. También se ha descrito la existencia de huevos en **diapausa** como estrategia para sobrevivir al deterioro ambiental, que solo eclosionan tras una secuencia específica de estímulos (por ejemplo, deshidratación seguida de rehidratación).

Los tardígrados no solo poseen estrategias para hacer frente a estímulos externos, sino también a los internos. Esto se logra mediante un proceso conocido

## Un enfoque educativo de la microbiología centrado en el estudiante

como enquistamiento, una forma de dormancia desencadenada por cambios internos o externos que implica la producción de varias capas cuticulares y cambios morfológicos. Sin embargo, algunas especies no necesitan detener su metabolismo para tolerar condiciones extremas. Ciertos tardígrados pueden resistir cambios drásticos en la osmolaridad, temperaturas de congelación y niveles extremos de radiación, aunque las altas temperaturas parecen afectar gravemente a su supervivencia, probablemente debido a la desestabilización de macromoléculas biológicas clave.



(Las diferentes estrategias de supervivencia presentes en los tardígrados. Creado con BioRender.)

6. **Supervivencia en el espacio exterior.** Los tardígrados son conocidos desde hace tiempo por su capacidad para resistir condiciones extremas. Esta habilidad llevó a científicos suecos y alemanes a diseñar el experimento "**Tardigrades in Space**" (**TARDIS**), cuyo objetivo era estudiar si estos animales podían sobrevivir en el entorno espacial. Para ello, en septiembre de 2007, se enviaron 3.000 tardígrados al espacio a bordo de la misión orbital Foton-M3 de la Agencia Espacial Europea (ESA).

Los llamados "osos de agua" demostraron ser capaces de sobrevivir al vacío espacial —que implica una deshidratación extrema y exposición a radiación cósmica—, lo que plantea numerosas preguntas sobre cómo los animales terrestres y marinos están preparados para afrontar condiciones espaciales y qué mecanismos subyacen a esta capacidad. Esta información podría ser muy valiosa para la investigación espacial, por ejemplo, permitiendo desarrollar nuevas formas de proteger alimentos y medicamentos en el espacio y abriendo la puerta a misiones de larga duración.

## Un enfoque educativo de la microbiología centrado en el estudiante

7. **Un impacto positivo en la sociedad.** Más allá de sus posibles aplicaciones en la investigación espacial, el estudio de las extraordinarias características de los tardígrados podría ayudar a abordar algunos de los grandes desafíos actuales. Una de las propiedades que más atención ha despertado es su capacidad para sobrevivir a la desecación, ya que la falta de agua suele ser una de las condiciones más perjudiciales para la vida (los cuerpos y células de la mayoría de los organismos, incluidos los humanos, contienen entre un 60 y un 95 % de agua).

Comprender los mecanismos moleculares que sustentan estas estrategias de supervivencia resulta prometedor para el desarrollo de nuevos conservantes que mejoren el almacenamiento de vacunas. De hecho, se ha demostrado que ciertas proteínas presentes en los tardígrados protegen el componente **enzimático** de algunos fármacos frente a los daños causados por la desecación o la congelación.

Además, estas proteínas no solo son relevantes en el ámbito biomédico, sino que algunos investigadores también las están aplicando en otros organismos, como plantas, para crear cultivos más resistentes a la sequía o a determinadas enfermedades, convirtiendo a los tardígrados en lo que se conoce como **biofertilizantes**. Los biofertilizantes son una excelente alternativa a los fertilizantes químicos, ya que utilizan microorganismos vivos del suelo que favorecen el crecimiento de las plantas y tienen menos probabilidades de causar efectos negativos en los ecosistemas, como la contaminación o la pérdida de biodiversidad. El principal problema de los biofertilizantes es que los microorganismos utilizados suelen morir por desecación durante el almacenamiento. La investigación en tardígrados ha sido de gran ayuda para crear nuevos materiales que evitan este problema.

### Relevancia para los Objetivos de Desarrollo Sostenible y los Grandes Retos Globales

Los tardígrados están relacionados con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), entre ellos:

- **ODS 2. Hambre cero.** Comprender cómo los tardígrados sobreviven a la desecación podría contribuir a una agricultura más sostenible y a la seguridad alimentaria. Una familia específica de proteínas de tardígrados, conocidas como proteínas SAHS (*secretory-abundant heat soluble*), ha mostrado potencial para proteger bacterias beneficiosas para el crecimiento vegetal, como *Rhizobium tropici*, frente a la desecación. Esto abre la puerta al desarrollo de fertilizantes microbianos más duraderos.
- **ODS 3. Salud y bienestar.** Algunas proteínas de los tardígrados tienen relevancia biomédica. Además de su uso para mejorar el almacenamiento de vacunas, otras proteínas que protegen el ADN frente al daño por radiación —conocidas como Dsup— son prometedoras en campos como la investigación contra el cáncer. La mayoría de los tratamientos oncológicos incluyen radioterapia en alguna de sus fases, lo que suele dañar tanto a las células cancerosas como a las sanas. Un estudio en el que se administraron estas proteínas de tardígrados a ratones antes de la exposición a radiación mostró que el ADN de los ratones tratados con Dsup estaba mucho mejor protegido frente a roturas que el de los ratones no tratados.
- **ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres.** Los fertilizantes químicos se utilizan habitualmente para aportar nutrientes esenciales a las plantas en la agricultura, pero su uso indebido conlleva efectos adversos como la **acidificación** del suelo, su degradación, la disminución de la diversidad microbiana y el aumento de sustancias nocivas. Sustituir estos fertilizantes por alternativas microbianas puede mejorar la riqueza y diversidad del suelo, aumentar su fertilidad y reforzar la resiliencia del ecosistema.

# Un enfoque educativo de la microbiología centrado en el estudiante

## Evidencias científicas, lecturas recomendadas y recursos educativos

### *Videos sobre Tardigrados*

- <https://www.youtube.com/watch?v=IH3ABle9k7A>
- <https://www.youtube.com/watch?v=kux1j1ccsgg>
- <https://www.youtube.com/watch?v=lxndOd3kmSs&t=49s>
- [https://www.youtube.com/watch?v=dork\\_85Q8uI&t=116s](https://www.youtube.com/watch?v=dork_85Q8uI&t=116s)

### *Reviews para público general:*

- <https://projects.research-and-innovation.ec.europa.eu/en/horizon-magazine/dried-out-tardigrades-could-point-way-drug-preservation-resilient-crops>
- <https://www.americanscientist.org/article/tardigrades>
- [https://www.esa.int/Science\\_Exploration/Human\\_and\\_Robotic\\_Exploration/Research/Tiny\\_animals\\_survive\\_exposure\\_to\\_space](https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Research/Tiny_animals_survive_exposure_to_space)
- <https://www.nasa.gov/humans-in-space/microscopic-superheroes-to-help-protect-astronaut-health-in-space/>
- <https://www.nature.com/articles/d41586-025-01971-7>

### *Artículos científicos para un estudio en profundidad:*

Altiero, T., Suzuki, A. C., & Rebecchi, L. (2019). Reproduction, development and life cycles. In *Water bears: the biology of tardigrades* (pp. 211-247). Cham: Springer International Publishing.

Gross, V., Treffkorn, S., Reichelt, J., Epple, L., Lüter, C., & Mayer, G. (2019). Miniaturization of tardigrades (water bears): morphological and genomic perspectives. *Arthropod structure & development*, 48, 12-19.

Guidetti, R., Altiero, T., & Rebecchi, L. (2011). On dormancy strategies in tardigrades. *Journal of Insect Physiology*, 57(5), 567-576.

Jönsson, K. I., Holm, I., & Tassidis, H. (2019). Cell biology of the tardigrades: current knowledge and perspectives. *Evo-Devo: Non-model Species in Cell and Developmental Biology*, 231-249.

Lim, S., Reilly, C. B., Barghouti, Z., Marelli, B., Way, J. C., & Silver, P. A. (2024). Tardigrade secretory proteins protect biological structures from desiccation. *Communications biology*, 7(1), 633.

Møbjerg, N., Halberg, K. A., Jørgensen, A., Persson, D., Bjørn, M., Ramløv, H., & Kristensen, R. M. (2011). Survival in extreme environments—on the current knowledge of adaptations in tardigrades. *Acta physiologica*, 202(3), 409-420.

Weronika, E., & Łukasz, K. (2017). Tardigrades in space research-past and future. *Origins of Life and Evolution of Biospheres*, 47(4), 545-553.

## Glosario

## Un enfoque educativo de la microbiología centrado en el estudiante

**Acidificación:** proceso por el cual un sistema (como el suelo o el agua) se vuelve más ácido a medida que disminuye su pH. En los suelos agrícolas, suele deberse al uso excesivo de fertilizantes químicos que generan compuestos ácidos al descomponerse, contribuyendo a la degradación del suelo y a la reducción de la diversidad microbiana.

**Ametabólico:** se refiere a un estado en el que la actividad metabólica de un organismo está prácticamente detenida o es indetectable, generalmente como estrategia para resistir condiciones ambientales extremas.

**Anfimixis:** tipo de reproducción en la que dos individuos distintos aportan cada uno un gameto (óvulo y espermatozoide), que se fusionan para formar un nuevo organismo.

**Biofertilizantes:** sustancias naturales que contienen microorganismos vivos y que favorecen el crecimiento de las plantas al aumentar la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Son una alternativa ecológica a los fertilizantes químicos.

**Bioprotectores:** sustancias, a menudo de origen biológico, que ayudan a proteger a plantas o animales frente al estrés, las enfermedades o factores ambientales dañinos, aumentando su resistencia sin recurrir a productos químicos sintéticos.

**Criptobiosis:** estado fisiológico reversible en el que las actividades metabólicas de un organismo se reducen casi por completo, lo que le permite sobrevivir a condiciones ambientales extremas como la deshidratación, la falta de oxígeno o temperaturas extremas. *A diferencia de la diapausa, la criptobiosis es una respuesta de emergencia al estrés extremo y no forma parte normal del ciclo de vida.*

**Constitutivamente:** describe un proceso o característica que ocurre de forma continua o permanente, independientemente de las condiciones externas. Por ejemplo, un gen expresado de manera constitutiva produce su proteína de forma constante, sin necesidad de señales ambientales.

**Cutícula:** capa externa protectora no celular, compuesta principalmente por proteínas y quitina en muchos invertebrados, que recubre el cuerpo, aporta soporte estructural y ayuda a prevenir la pérdida de agua y los daños ambientales.

**Diapausa:** estado fisiológico programado de desarrollo suspendido o actividad metabólica reducida que permite a un organismo, o a sus huevos, sobrevivir a condiciones ambientales desfavorables. *A diferencia de la criptobiosis, forma parte del ciclo de vida normal y no es solo una respuesta al estrés extremo.*

**Enzimas:** moléculas biológicas, generalmente proteínas, que actúan como catalizadores y aceleran las reacciones químicas en los seres vivos sin consumirse en el proceso.

**Epidermis:** capa celular más externa de un organismo que recubre el cuerpo o los órganos, proporcionando protección y participando en funciones como la secreción, la absorción o la percepción sensorial. En los tardígrados, la epidermis se sitúa debajo de la cutícula.

**Células germinales:** células reproductoras de un organismo, como los óvulos o los espermatozoides, que contienen la información genética que se transmite a la siguiente generación.

**Hemocele:** cavidad corporal característica de muchos invertebrados con sistema circulatorio abierto, que contiene hemolinfa en lugar de sangre circulando por vasos cerrados.

**Hemolinfa:** fluido circulatorio de los invertebrados con sistema circulatorio abierto; transporta nutrientes, hormonas y productos de desecho, y participa en la defensa inmunitaria.

**Invertebrados:** animales que carecen de columna vertebral y de un esqueleto óseo interno; incluyen artrópodos, moluscos, anélidos, nematodos, tardígrados, entre otros.

**Oviposición:** proceso mediante el cual un organismo ovíparo deposita o pone los huevos.

**Ovotestis:** gónada hermafrodita que contiene tanto tejido ovárico como testicular, capaz de producir óvulos y espermatozoides simultáneamente.

**Partenogénesis:** forma de reproducción asexual en la que los descendientes se desarrollan a partir de un óvulo no fecundado, sin necesidad de fertilización por parte de un macho.

## Un enfoque educativo de la microbiología centrado en el estudiante

Algunas especies de insectos, reptiles, crustáceos y tardígrados pueden reproducirse de este modo.

**Estado de tonel (tun state):** estado en el que los tardígrados retraen sus extremidades y reducen drásticamente su contenido de agua para aumentar sus probabilidades de supervivencia en condiciones extremas.