

# ANÉLIDOS MARINOS EXTRAORDINARIOS

■ MARÍA ANA TOVAR-HERNÁNDEZ<sup>1</sup> & SERGIO I. SALAZAR-VALLEJO<sup>2</sup>

## RESUMEN

Presentamos un panorama sobre uno de los grupos de anélidos marinos más fascinantes y algunos detalles de unos de sus representantes: los osmótrofos que utilizan bacterias mutualistas que producen compuestos orgánicos a través de fuentes de sulfuro y metano como fuentes de energía. Estos gusanos extraordinarios, cuyas peculiaridades son rarezas no solo en el filo Annelida del cual son parte, sino en todo el reino animal, son los siboglínidos.



**PALABRAS CLAVE:** Annelida, Polychaeta, Siboglinidae, extremófilos, quimiosíntesis, osmotrofia, endosimbiosis.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Biosistemática, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

<sup>2</sup>El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal, Depto. Sistemática y Ecología Acuática, Chetumal, Quintana Roo, México.



## INTRODUCCIÓN

El año 1977 estuvo marcado por varios eventos. Se estrenaban dos películas que hicieron época: Fiebre del sábado por la noche y La guerra de las galaxias; se fundaba la empresa Apple; la sonda espacial Voyager I y la nave espacial Voyager II eran lanzadas al espacio; se descubrieron anillos alrededor de Urano. En el medio marino, el sumergible **Alvin** iniciaba las exploraciones en el mar profundo a 400 km al norte de las islas Galápagos, en una zona donde se unen dos placas continentales: Nazca y Cocos.

El **Alvin** fue una embarcación sumergible tripulada dedicada a la investigación oceánica (Fig. 1), que operó desde el barco de soporte RV **Atlantis** (AGOR-25), propiedad de la Marina de los Estados Unidos y dirigido por la Institución Oceanográfica de Woods Hole (WHOI). El sumergible se popularizó por su relevancia en el hallazgo de los restos del **Titanic** en 1986.

Los hallazgos de esa expedición financiada por la National Science Foundation cerca de las Galápagos cambiaron la forma de ver la vida extrema en nuestro planeta, pues a 2,500 m de profundidad descubrió un nuevo ecosistema lleno de vida, que ahora se conoce como ventilas hidrotermales o chimeneas volcánicas (Corliss *et al.* 1979) (Fig. 2). Estos ecosistemas son pequeños volcanes activos que lanzan incesantemente agua con productos sumamente tóxicos (Fig. 2), como ácido sulfhídrico y metano, y a temperaturas inesperadas, de hasta 400°C, que se mezclan con las aguas frías (~2°C) típicas de las regiones abisales (Desbruyères *et al.* 2006). Los materiales

expulsados se acumulan en estructuras elevadas y complejas (Fig. 3) que denominaron chimeneas.

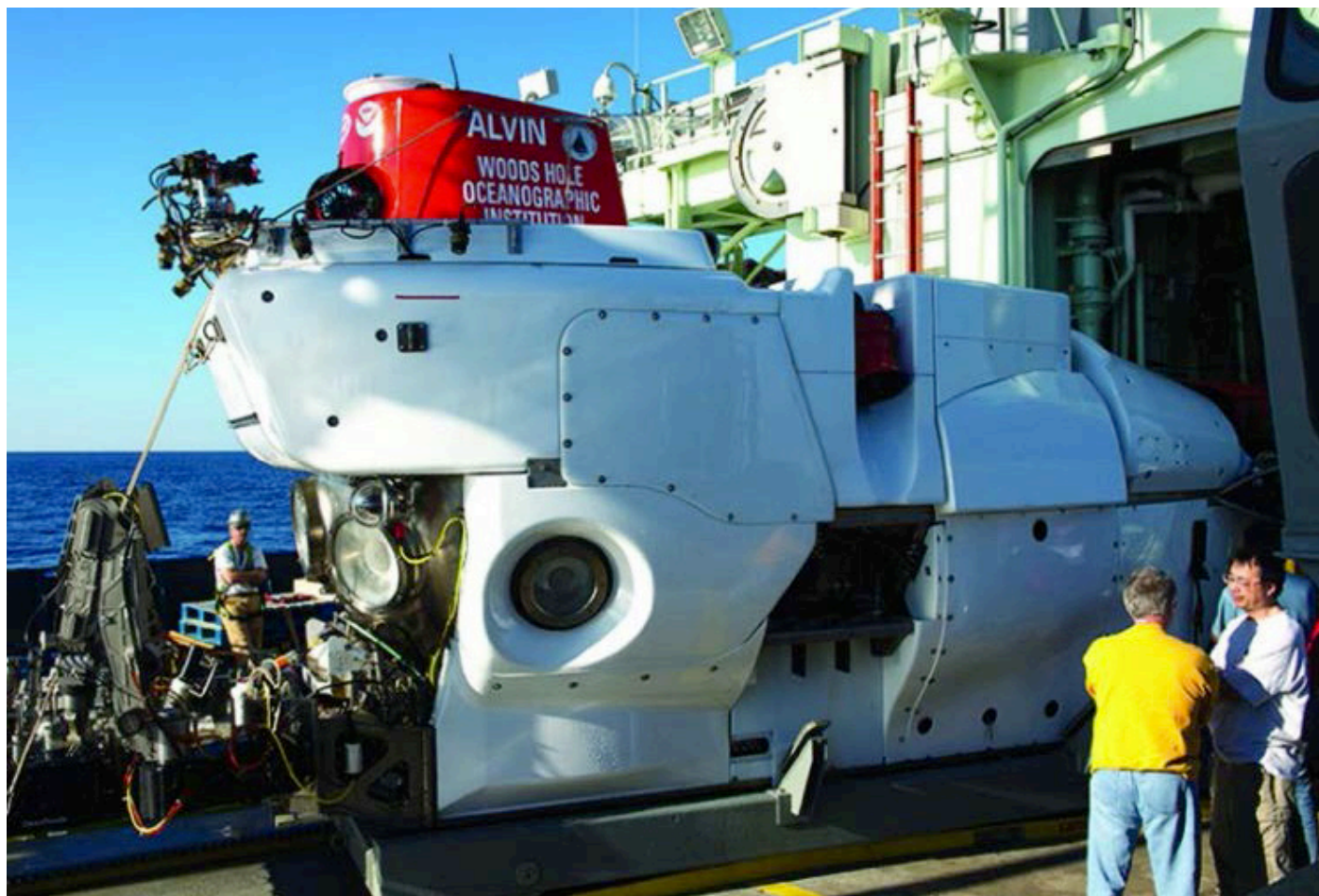
Los exploradores del **Alvin** registraron grupos de miles de cangrejos, almejas, camarones, y unos organismos bastante raros de color carmesí que sobresalían de unos tubos blancos de gran tamaño, algunos de hasta 2 m de altura. El paisaje era tan espectacular que le llamaron Jardín de Rosas. Estos organismos tubícolas metían y sacaban una parte de su cuerpo fuera del tubo, como un lápiz labial, y sus tubos, que estaban unos juntos a otros, estaban anclados a las rocas (Fig. 4).

### ¿QUÉ ERAN LOS TUBÍCOLAS?

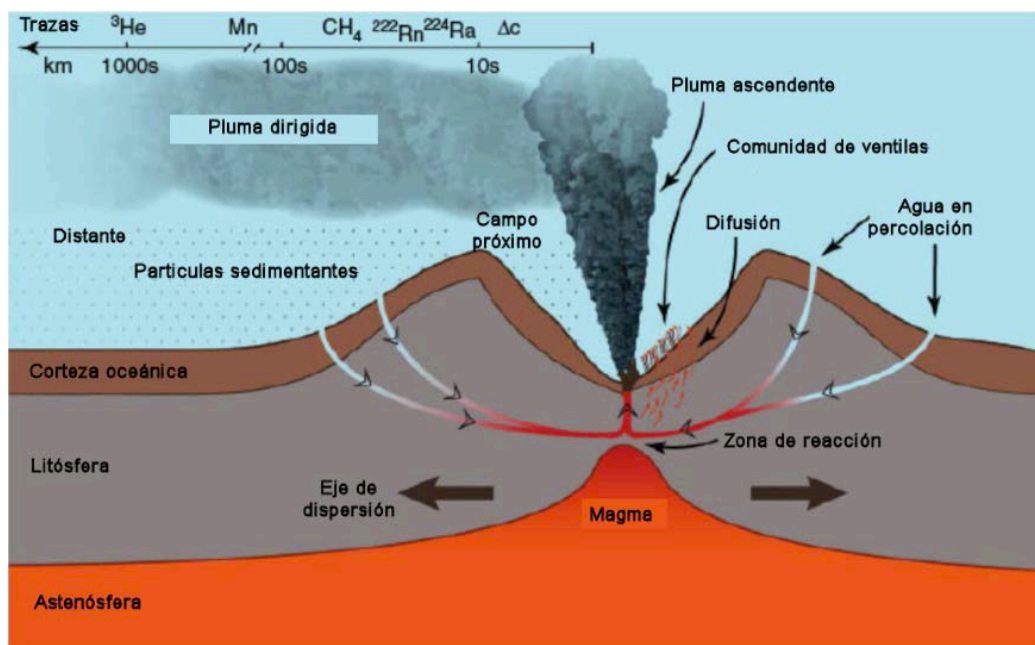
La tripulación recolectó muestras de esos tubos y más tarde las enviaron al curador de gusanos del Instituto Smithsonian, el prestigiado investigador Meredith Jones (1926-1996) (Fig. 5). El Dr. Jones estudio su morfología e hizo estudios histológicos, con lo que mostró que estos gusanos no tenían boca ni tubo digestivo. En 1981 nombró estos organismos como *Riftia pachyptila*, ubicándolos en una nueva familia Riftiidae, orden Vestimentifera, Phylum Pogonophora (Jones, 1981).

### ¿CÓMO SOBREVIVEN?

Las riftias no tienen tubo digestivo y, en vez de eso, tienen un trofosoma. Es un órgano de color pardo, esponjoso y que ocupa más de la mitad del largo del cuerpo del gusano (Fig. 6). El trofosoma no es un intestino, pero contribuye con la nutrición. En él no hay nada parecido a la comida, pero en vez de eso hay cristales de azufre.



**Figura 1.** Vista lateral izquierda del sumergible Alvin. Al frente el sistema para recolectar muestras. (Tomada de Internet, dominio público).



**Figura 2.** Ventilass hidrotermales o chimeneas volcánicas. (Tomada de Internet, dominio público).

### ¿CÓMO VIVEN SIN LUZ NI FOTOSÍNTESIS?

En el agua circundante a las ventilass hidrotermales hay ácido sulfhídrico, que para la mayoría de las formas de vida es altamente tóxico. En el marco de una conferencia académica impartida por el Dr. Jones en el Instituto Smithsonian, Colleen Cavanaugh, una estudiante de biología de la Universidad de Harvard, argumentó que si el trofosoma no era el órgano que alimenta al gusano, quizá este era un filtro o algo similar que pudiera ayudar a descomponer todo el sulfhídrico con ayuda de bacterias dentro de su cuerpo.

Como era de esperar, la hipótesis de Cavanaugh no fue bien recibida, pero más tarde el Dr. Jones le envió un ejemplar para que lo estudiara (Kunzing, 2000). Así, después de un análisis basado en estudios químicos y del ADN, con respaldo de microscopía electrónica de barrido y de transmisión, Cavanaugh confirmó su hipótesis. Ella descubrió que trillones de bacterias viven en el trofosoma y que éstas usan el ácido sulfhídrico de las ventilass hidrotermales como fuente de energía en un proceso llamado quimiosíntesis (Cavanaugh *et al.* 1981). Cavanaugh obtuvo su doctorado en 1985, siendo su tesis sobre este peculiar tema. Hoy se sabe que esas bacterias son quimiolitotróficas (bacterias que oxidan sulfuros, específicamente) y que ésta simbiosis también involucra a bacterias que oxidan metano, como en los ambientes de filtraciones de hidrocarburo-metano (Thurber *et al.* 2020).

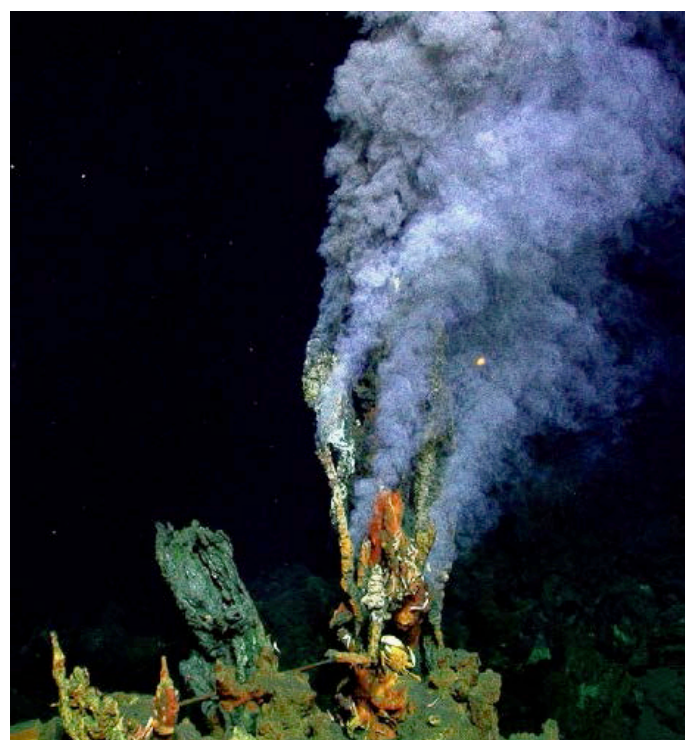
La quimiosíntesis es un proceso que utiliza compuestos químicos como fuente de energía, por lo que es opuesto a la fotosíntesis, donde se usa la luz solar para generar energía. A 2.5 km de profundidad no hay fotosíntesis, en vez de sol las bacterias ingieren y procesan los sulfuros de las ventilass hidrotermales, que a su vez sirven de alimento para los gusanos. Como las bacterias están dentro del animal, se trata de una endosimbiosis.

### ¿CÓMO ENTRAN LAS BACTERIAS Y EL SULFURO DE HIDRÓGENO AL CUERPO DEL GUSANO?

La forma en que las bacterias entran al cuerpo no es bien conocida, pero podría ser a través de la epidermis del

gusano, mientras que los sulfuros son captados por las plumas color carmesí. Esas plumas se encuentran en una región corporal que se denomina obturáculo, que es un pedúnculo carnoso que tiene forma de embudo (Fig. 6). El obturáculo tiene un lóbulo derecho y uno izquierdo. Cada lóbulo tiene muchos palpos pinulados (que son las plumas). Estas plumas son carmesí porque las hemoglobinas de su sangre les otorgan esa coloración, como ocurre en nuestra sangre. Las estructuras tipo branquias atrapan el oxígeno, sulfuros o metano necesarios para la quimiosíntesis, y luego son transportados por las hemoglobinas hacia el trofosoma, donde son reducidos por las bacterias (Bright & Giere, 2005).

Aunque la quimiosíntesis de *Riftia* en las ventilass hidrotermales se descubrió en el siglo pasado, podría ser tan antigua como ~420 millones de años, por la estimación más extrema en el registro fósil de tubos de otros



**Figura 3.** Fumarola de una ventila hidrotermal (el sedimento en el agua semeja humo). (Tomada de Internet, dominio público).





**Figura. 4.** Los tubos blancos y la punta rojo intenso, con un área media pálida corresponden con los siboglínidos *Riftia pachyptila*. (Tomada de Internet, dominio público).

siboglínidos, aunque la mayoría los sitúa en alrededor de 100 millones de años (Georgieva *et al.* 2019). Sabemos que esta relación simbiótica con bacterias que oxidan sulfuros es un fenómeno que también se ha observado en otros animales marinos (bivalvos, oligoquetos, nemátodos) y no solo en animales asociados con las ventilas hidrotermales. Sin embargo, para los amantes del mar, el descubrimiento de las ventilas hidrotermales y de *Riftia* constituyen uno de los hallazgos más relevantes de todos los tiempos. No sorprende, entonces, la intensidad y variedad de temas de investigación realizados en el grupo.

### ¿ESTÁN *RIFTIA* Y OTROS SIBOGLÍNIDOS EN MÉXICO?

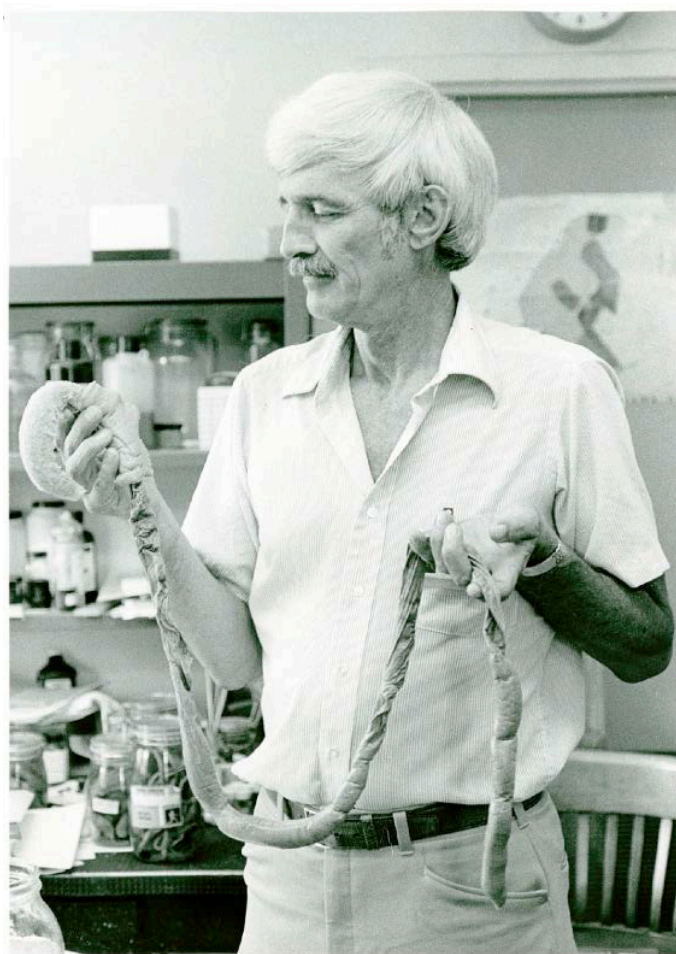
Sí. *Riftia pachyptila* también se ha encontrado en la cuenca de Guaymas y en la dorsal oceánica del Pacífico Este, a los 21°N (Malakhov y Galkin, 2000) y hay registros de otras especies de siboglínidos en San Eugenio, Baja California (Hartman 1961). Además, una especie fue descrita para el Golfo de Tehuantepec como *Galathealinum mexicanum* Adegok, 1967. Es sorprendente el alto número de estudios sobre metales pesados, genética, fisiología, biología reproductiva, histología, bioquímica y filogenia conducidos por investigadores extranjeros con muestras de *R. pachyptila* de Guaymas, y la participación de investigadores nacionales también es de destacarse.

### ¿POGONÓFOROS O SIBOGLÍNIDOS?

La clasificación de estos gusanos que dependen de bacterias simbiotas internas para su nutrición ha sido controversial y, como es de esperarse, ha cambiado a lo largo del tiempo en la medida que se conoce más sobre ellos. Así, *Riftia* pasó de ser parte del filo Pogonophora (que incluía a los frenulados y vestimentíferos), hoy en día se reconoce dentro del Phylum Annelida, familia Siboglinidae.

Siboglinidae tiene representantes no solo en las ventilas hidrotermales, sino también en los manantiales fríos

con metano, y se asocia con huesos de ballenas y otros vertebrados en descomposición. Inclusive no solo se han encontrado a grandes profundidades. En Florida se ha reportado una especie a 24 m de profundidad (Southward y Cutler, 1986), mientras que en la zona hadal de la trinchera Izu-Bonin en Japón, está el registro a mayor profundidad: 9,735 m (Ivanov, 1957).



**Figura. 5.** Doctor Meredith L. Jones mostrando un siboglínido del género *Riftia* (Tomada de Smithsonian Institution Archives).



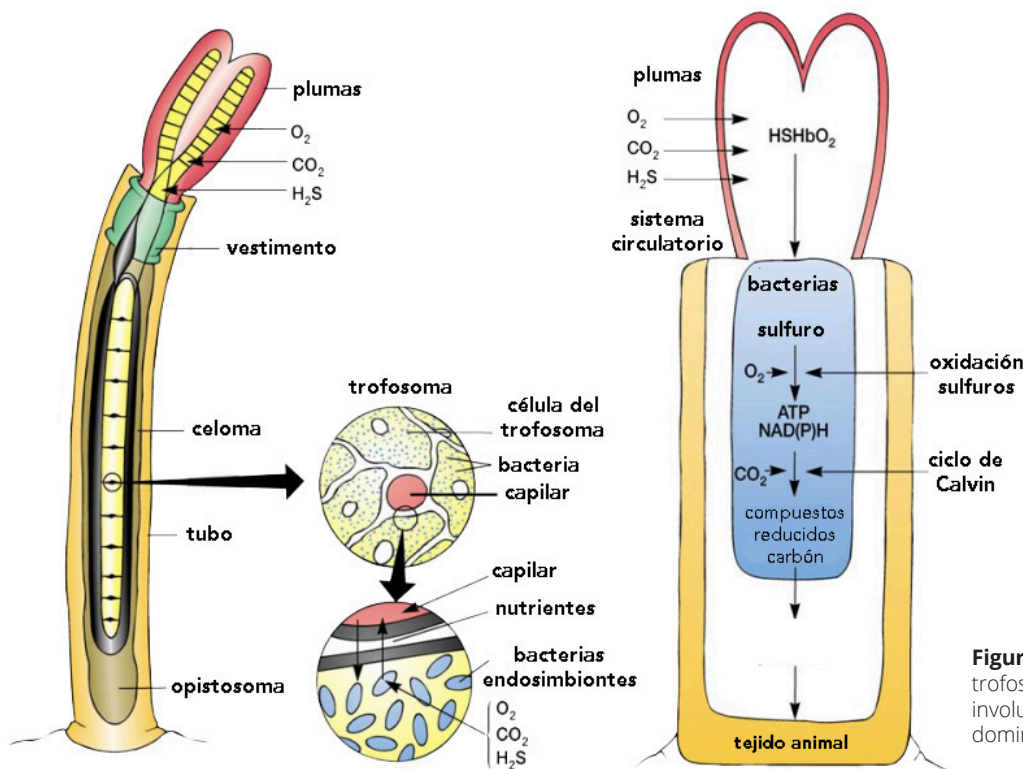
## GUSANOS COME HUESOS (OSTEÓFAGOS)

El 6 de Febrero del 2002, Robert Vrijenhoek, un biólogo marino del Instituto de Investigación del Acuario de la Bahía de Monterrey (MBARI, por sus siglas en inglés), buscando almejas en el Cañón de Monterey (California) con un vehículo sumergible, encontró restos de una ballena gris a 2,891 m de profundidad cubiertos por una carpeta de diminutos organismos. Estos organismos fueron descritos más tarde como un nuevo género de gusanos: *Osedax* (*O. rubiplumus*) (Rouse *et al.* 2004). *Osedax* también es un siboglínido.

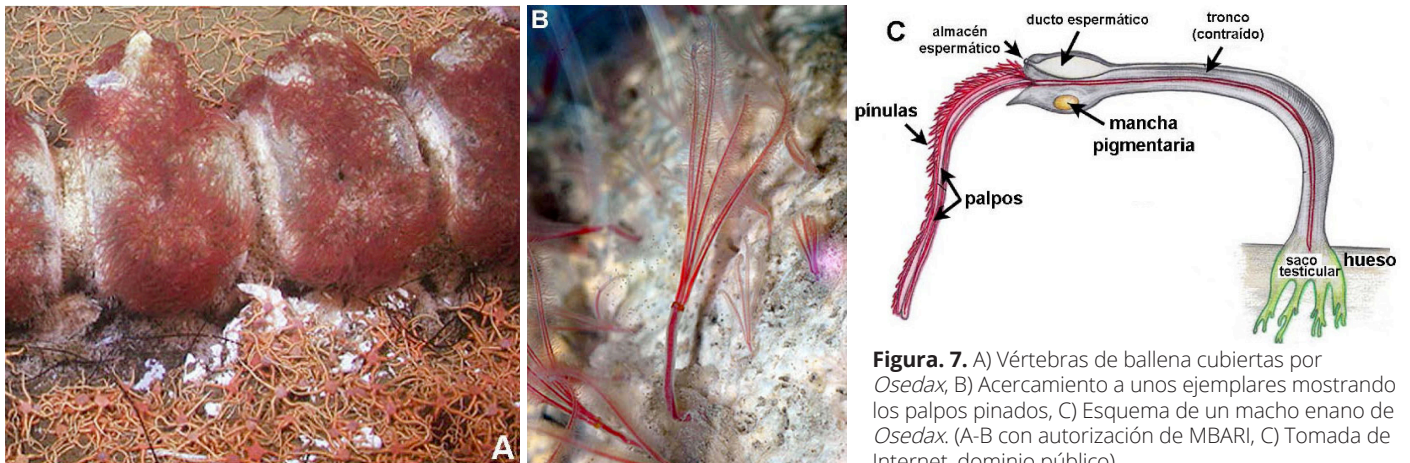
*Osedax* es un género de gusanos osteófagos diminutos que se alimentan de los esqueletos de las ballenas que se descomponen en las profundidades del océano, ayudando así a devolver al ecosistema la materia orgánica almacenada en los huesos (Fig. 7). A pesar de no poseer boca, ni tracto digestivo, ni trofosoma, estos gusanos poliquetos presentan un ovisaco posterior con un sistema vascularizado de raíces (Higgs *et al.* 2011). El interior del ovisaco, además de tener los ovarios, aloja

bacterias del orden Oceanospirillales, cuya característica principal es la degradación heterotrófica de compuestos orgánicos complejos retenidos en los huesos de la ballena, de manera que pueden absorberla fácilmente. El sistema de raíces penetra en los huesos de las ballenas y, con la ayuda de las bacterias, degradan los compuestos orgánicos (Tresguerres *et al.* 2013).

Los machos son pedomórficos; es decir, conservan rasgos larvales, son enanos y viven dentro del tubo de las hembras. Su única función es la reproducción, y cada hembra cuenta con unos 50-100 machos en el tubo construido por la hembra sobre el hueso de la ballena. De la región de estos tubos que da al exterior salen unos palpos plumosos muy coloridos que, a modo de branquias, realizan el intercambio de gases mientras que la otra parte que queda hacia el interior almacena las bacterias degradadoras en unas inusuales estructuras semejantes a raíces (Rouse *et al.* 2004; Maderspacher, 2015). El ovisaco, el sistema de raíces y la degradación heterótrofa son únicos entre los metazoos y de ahí la relevancia del gusano.



**Figura 6.** Esquema de la estructura del trofosoma y de los principales compuestos involucrados. (Tomada de Internet, dominio público).



**Figura 7.** A) Vértices de ballena cubiertos por *Osedax*, B) Acercamiento a unos ejemplares mostrando los palpos pinados, C) Esquema de un macho enano de *Osedax*. (A-B con autorización de MBARI, C) Tomada de Internet, dominio público).



El hallazgo de Robert Vrijenhoek fue la punta del iceberg, pues desde entonces se han descrito 27 especies de *Osedax* en varias partes del mundo, incluyendo la Antártida y tan al norte como los 73°N (Eilersten *et al.* 2020). *Osedax* también coloniza huesos de otros vertebrados como vacas (Jones *et al.* 2008), tortugas, peces, aves y otros mamíferos marinos (Rouse *et al.* 2018). En la era molecular en la que nos encontramos, *Osedax* es el único género de anélidos marinos en el que para todas las especies se han generado y registrado secuencias genéticas (Tovar-Hernández y Salazar-Vallejo, 2021).

A pesar de que el descubrimiento de *Osedax* es reciente, Danise y Higgs (2015) registraron su presencia en huesos de plesiosaurios y tortugas del Cretácico Temprano, hace unos 100 millones de años. Aunque los reptiles plesiosaurios se extinguieron en masa al término del Cretácico (66 millones de años), los quelónidos sobrevivieron y se diversificaron, por lo que pudieron ser la principal fuente de alimento de *Osedax* durante los 20 millones de años que precedieron a la radiación de los cetáceos, la principal fuente de alimento de *Osedax* en la actualidad. Lo anterior sugiere, además, que *Osedax* pudiera tener una habilidad generalista para colonizar diferentes sustratos de vertebrados, tales como peces o aves marinas.

### ¿ESTÁ *OSEDAX* EN AGUAS MEXICANAS?

No. Sin embargo, se han registrado en restos de ballena gris. La distribución de dichas ballenas abarca los mares de Okhotsk y Bering hasta el litoral occidental de la península de Baja California y el golfo de California (Mate *et al.* 2015). Además, siendo las lagunas costeras sus zonas de parto y crianza, es altamente probable que las especies de *Osedax* descubiertas en California (Estados Unidos) se extiendan a lo largo del Pacífico oriental tropical, incluyendo México.

### ¿LOS SIBOGLÍNIDOS SON LOS ÚNICOS GUSANOS OSMÓTROFOS?

No. Recientemente se reportó una especie indescrita del sabélido *Bispira* (familia Sabellidae) y otra del serpulido *Laminatubus* (familia Serpulidae) en una ventila hidrotermal de Costa Rica con una nutrición a base de metano (Goffredi *et al.* 2020). El hallazgo es relevante pues hasta hace poco se pensaba que todos los miembros de Sabellidae y Serpulidae eran suspensívoros (Jumars *et al.* 2015), ya que usan las estructuras de su corona radiolar para capturar partículas de alimento y dirigirlas hacia la boca. Las nuevas especies de *Bispira* y *Laminatubus* descubiertas en Costa Rica tienen una simbiosis nutricional con bacterias metanotróficas del orden de las Methylococcales que viven adheridas a los radiolos (Goffredi *et al.* 2020).

## COLECCIONES

Siboglinidae está conformada por 32 géneros y 178 especies (Pamungkas *et al.* 2019). En México, solo tres colecciones cuentan con algunos ejemplares de siboglínidos: la Colección de Anélidos Poliquetos de México (DFE. IN. 061. 0598) del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM cuenta con ejemplares de *Riftia pachyptila* Jones, 1981, que fueron recolectados por la Dra. Vivianne Solís-Weiss en el marco de una expedición en el Alvin en 1998 en la cuenca de Guaymas. Un ejemplar de éstas muestras fue donado al Dr. Rolando Bastida-Zavala para fines de docencia y actualmente se encuentra depositado en la Colección de Invertebrados Marinos de la Universidad del Mar, en Puerto Ángel, Oaxaca (OAX-CC-249-11). Por su parte, la Colección Regional de Poliquetos, del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología con sede en Mazatlán (MAZ. POL. 078. 1198) tiene ejemplares de *R. pachyptila* y *Oasisia alvinae* recolectados por el Alvin en la dorsal oceánica del Pacífico Este, a una latitud de 21°N.

Paradójicamente, en colecciones de Estados Unidos hay más siboglínidos recolectados en México que en las colecciones nacionales. En la Colección de Invertebrados Bentónicos del SCRIPPS hay un importante número de ejemplares de *Polybrachia*, *Siboglinum*, *Oasisia* y *Riftia* del golfo de California (SCRIPPS Benthic Invertebrate Collection, 2020), así como en la Colección de Invertebrados del USNM para ejemplares del Pacífico mexicano y la parte mexicana del golfo de México (USNM Invertebrate Zoology Collections, 2020). Desafortunadamente no hay colegas mexicanos especializándose en la taxonomía de Siboglinidae, por lo que este vacío podría ser una buena oportunidad de estudio, especialización y trabajo para las futuras generaciones de poliquetólogos, que cada vez son menos pues la falta de oportunidades laborales en el país desanima a cualquiera.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Pablo Hernández-Alcántara y Michel Hendrickx del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (UNAM), y a Rolando Bastida-Zavala (Universidad del Mar) por la información proporcionada sobre las colecciones que manejan. Dos revisores anónimos emitieron recomendaciones que mejoraron la nota. Las imágenes de *Osedax* fueron utilizadas con la autorización de MBARI, a quien agradecemos su apoyo y colaboración.



## LITERATURA CITADA

- Adegoke, O. S. 1967. Pogonophora from the northeastern Pacific: First records from the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Pacific Science*. 21: 188–192.
- Cavanaugh, C. M., S. L. Gardiner, M. L. Jones, H. W. Jannasch, J. B. Waterbury. 1981. Prokaryotic cells in the hydrothermal vent tube worm *Riftia pachyptila* Jones: Possible chemoautotrophic symbionts. *Science*. 213 (4505): 340–342. DOI: 10. 1126/science. 213. 4505. 340.
- Corliss, J. B., J. Dymond, L. I. Gordon, J. M. Edmon, R. P. von Herzen, R. D. Ballard, K. Green, D. Williams, A. Bainbridge, K. Crane, T. H. van Andel. 1979. Submarine thermal springs on the Galápagos Rift. *Science*. 203 (4385): 1073–1083.
- Danise, S., N. D. Higgs. 2015. Bone-eating *Osedax* worms lived on Mesozoic marine reptile deadfalls. *Biology Letters*. 11 (4): 20150072. doi:10. 1098/rsbl. 2015. 0072
- Desbruyères, D., M. Segonzac, M. Bright. 2006. Handbook of deep-sea hydrothermal vent fauna, 2nd edition. Biologiezentrum der Oberösterreichischen Landesmuseen, Linz, Austria, 1–544.
- Eilertsen, M. H., T. G. Dahlgren, H. T. Rapp. 2020. A new species of *Osedax* (Siboglinidae: Annelida) from colonization experiments in the Arctic deep sea. *Frontiers Marine Science*. 7 (443): 1–8.
- Georgieva, M. N., C. T. S. Little, J. S. Watson, M. A. Sephton, A. D. Ball, A. G. Glover. 2019. Identification of fossil worm tubes from Phanerozoic hydrothermal vents and cold seeps. *Journal of Systematic Palaeontology*. 17 (4): 287–329. DOI: 10. 1080/14772019. 2017. 1412362
- Goffredi, S. K., E. Tilic, S. W. Mullin, K. S. Dawson, A. Keller, R. W. Lee, F. Wu, L. A. Levin, G. W. Rouse, E. E. Cordes, V. J. Orphan. 2020. Methanotrophic bacterial symbionts fuel dense populations of deep-sea feather duster worms (Sabellida, Annelida) and extend the spatial influence of methane seepage. *Science Advances*. 6, eaay8562; DOI: 10. 1126/sciadv. aay8562
- Hartman, O. 1961. New Pogonophora from the Eastern Pacific Ocean. *Pacific Science*. 15: 542–546.
- Higgs, N. D., C. T. S. Little, A. G. Glover. 2011. Bones as biofuels: a review of whale bone composition with implications for deep-sea biology and paleoanthropology. *Proceedings of the Royal Society. B* 278: 9–17.
- Ivanov, A. V. 1957. Neue Pogonophora aus die nordwestlichen Teil des Stillen Ozeans. *Zoologische Jahrbücher Abteilung für Systematik, Geographie und Biologie der Tiere* 85: 431–500.
- Jones, M. L. 1981. *Riftia pachyptila*, new genus, new species, the vestimentiferan worm from the Galápagos Rift geothermal vents (Pogonophora). *Proceedings of the Biological Society of Washington*. 93: 1295–1313.
- Jones, W. J., S. B. Johnson, G. W. Rouse, R. C. Vrijenhoek. 2008. Marine worms (genus *Osedax*) colonize cow bones. *Proceedings of the Royal Society. B* 275 (1633): 387–391.
- Jumars, P. A., K. M. Dorgan, S. M. Lindsay. 2015. Diet of worms emended: an update of polychaete feeding guilds. *Annual Reviews Marine Science*. 7: 497–520.
- Kunzing, R. 2000. Mapping the Deep: The Extraordinary Story of Ocean Science. WW Norton & Company.
- Malakhov, V. V., S. V. Galkin. 2000. A synopsis of the vestimentiferan system. *Russian Journal of Marine Biology*. 26: 311–324. <https://doi.org/10.1007/BF02759472>
- Maderspacher, F. 2015. Evolution: They never come back, or do they? *Current Biology* 25 (2): R62, 3 pp.
- Mate, B. R., Y. V. Ilyashenko, A. L. Bradford, V. V. Vertyankin, G. A. Tsidulko, V. V. Rozhnov, L. M. Irvine. 2015. Critically endangered western gray whales migrate to the eastern North Pacific. *Biology Letters*. 11 (4): 20150071. doi:10. 1098/rsbl. 2015. 0071
- Pamungkas, J., C. J. Glasby, G. B. Read, S. P. Wilson, M. J. Costello. 2019. Progress and perspectives in the discovery of polychaete worms (Annelida) of the world. *Helgoland Marine Research*. 73, 4 <https://doi.org/10.1186/s10152-019-0524-z>
- Rouse, G. W., S. K. Goffredi, R. C. Vrijenhoek. 2004 *Osedax*: Bone-eating marine worms with dwarf males. *Science*. 305: 668–671.
- Rouse, G. W., S. K. Goffredi, S. B. Johnson, R. C. Vrijenhoek. 2018. An inordinate fondness for *Osedax* (Siboglinidae: Annelida): Fourteen new species of bone worms from California. *Zootaxa*. 4377: 451–489.
- SCRIPPS Benthic Invertebrate Collection, 2020. <https://sioapps.ucsd.edu/collections/bi/search?q=FK181031&page=1>
- Southward, E. C., J. K. Cutler. 1986. Discovery of Pogonophora in warm shallow waters of the Florida Shelf. *Marine Ecology Progress Series*. 28: 287–289.
- Thurber, A. R., S. Seabrook, R. M. Welsh. 2020. Riddles in the cold: Antarctic endemism and microbial succession impact methane cycling in the Southern Ocean. *Proceedings of the Royal Society B*. 287: 2020113420201134.
- Tresguerres, M., S. Katz, G. W. Rouse. 2013 How to get into bones: proton pump and carbonic anhydrase in *Osedax* boneworms. *Proceedings of the Royal Society B*. 280: 20130625, 9 pp.
- Tovar-Hernández, M. A., S. I. Salazar-Vallejo. 2021. Siboglinidae Caullery, 1914. En: *Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de América Tropical*. De León-González JA, JR Bastida-Zavala, LF Carrera-Parra, ME García-Garza, SI Salazar-Vallejo, V. Solís-Weiss & Tovar-Hernández MA (Eds). Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. pp. 835–854. En prensa.
- USNM Invertebrate Zoology Collections, 2020 <https://collections.nmnh.si.edu/search/iz/>

# Biología y Sociedad

Revista de Divulgación Científica  
de la Facultad de Ciencias Biológicas, UANL



**#SOMOSUNI**

TRABAJAR · TRANSFORMAR · TRASCENDER