

La carrera por los recursos minerales pone en riesgo la estabilidad de uno de los ecosistemas más frágiles de la Tierra. Foto: news.northwestern.edu

## Secretos de las profundidades

A miles de metros bajo la superficie, la ciencia enfrenta desafíos técnicos y legales para explorar, conservar y entender un territorio capaz de definir el futuro del planeta

Por ANA DANIELA VALDÉS DINA

**L**A claridad se disipa primero. Luego, la luz comienza a fragmentarse, diluyéndose en una penumbra densa hasta extinguirse por completo. Al descender, el océano se transforma en una inmensa columna vertical de silencio.

En ese dominio hostil, la presión alcanza niveles capaces de deformar el acero y las temperaturas rozan el punto de congelación; sin embargo, la vida resiste. Criaturas translúcidas, organismos generadores de su propio resplandor y paisajes submarinos componen un escenario relegado durante siglos al

territorio exclusivo de la imaginación y el mito.

A pesar de cubrir alrededor de 71 por ciento de la superficie de la Tierra, una proporción enorme de los océanos sigue siendo prácticamente desconocida. La mayor parte de ese volumen –más de 90 por ciento– descansa bajo zonas definidas como “profundas”; es decir, más allá de los 200 metros de profundidad: allí la luz no penetra y las condiciones físicas cambian radicalmente.

No obstante, conocer su existencia no equivale a haberlo explorado. Según datos de la

Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos (NOAA), solo una fracción mínima del fondo marino ha sido observado directamente: expertos calculan una observación directa inferior al 0.001 por ciento de la superficie del océano profundo por humanos o cámaras.

### Vida donde no debería existir vida

Durante muchas décadas se consideraron a las profundidades del océano desiertos estériles, pese a que la ciencia ha comprobado la capacidad de

algunos organismos no solo de sobrevivir en la oscuridad y la presión extrema, sino de prosperar y moldear activamente el entorno. En las zonas en las que el agua se mezcla con fluidos calientes provenientes del Interior de la Tierra –los respiraderos hidrotermales–, se han documentado comunidades enteras dependientes de la quimiosíntesis, un proceso mediante el cual los microbios generan energía a partir de compuestos químicos en ausencia de luz solar.

Más allá de estas fuentes térmicas, la supervivencia se ha demostrado increíblemente activa bajo los sedimentos. En el trabajo *Bioturbation in the hadal zone*, publicado en la revista **Nature Communications**, investigadores de varios países analizaron núcleos de sedimento en la Fosa de Japón, a unos 7.5 km de profundidad, y constataron el comportamiento de animales bentónicos (habitantes del fondo de ecosistemas acuáticos); entre ellos, holoturias, poliquetos, bivalvos e isópodos. Dichos organismos excavan madrigueras y remueven el suelo en un proceso llamado bioturbación. Esta actividad oxigena el sedimento

y transforma la distribución de los nutrientes, creando microhábitats “a la medida” que son favorecedores de la colonización de otras especies.

Esta biodiversidad insospechada se confirma a mayor escala. Según el medio digital **Muy Interesante**, en las zonas hadales (próximas a los 9 000 metros) se ha documentado la presencia de gusanos y moluscos dotados de adaptaciones morfológicas y metabólicas orientadas a aprovechar recursos escasos.

La riqueza microbiana de estas regiones es igualmente asombrosa. **The Guardian** destaca el descubrimiento, por investigaciones recientes, de miles de nuevas formas de vida microbiana en la zona hadal, entre 6 000 y más de 11 000 metros de profundidad, con hasta un 89 por ciento de especies nunca antes documentadas. Estas cifras iluminan una biodiversidad antes considerada imposible en los rincones más remotos del planeta.

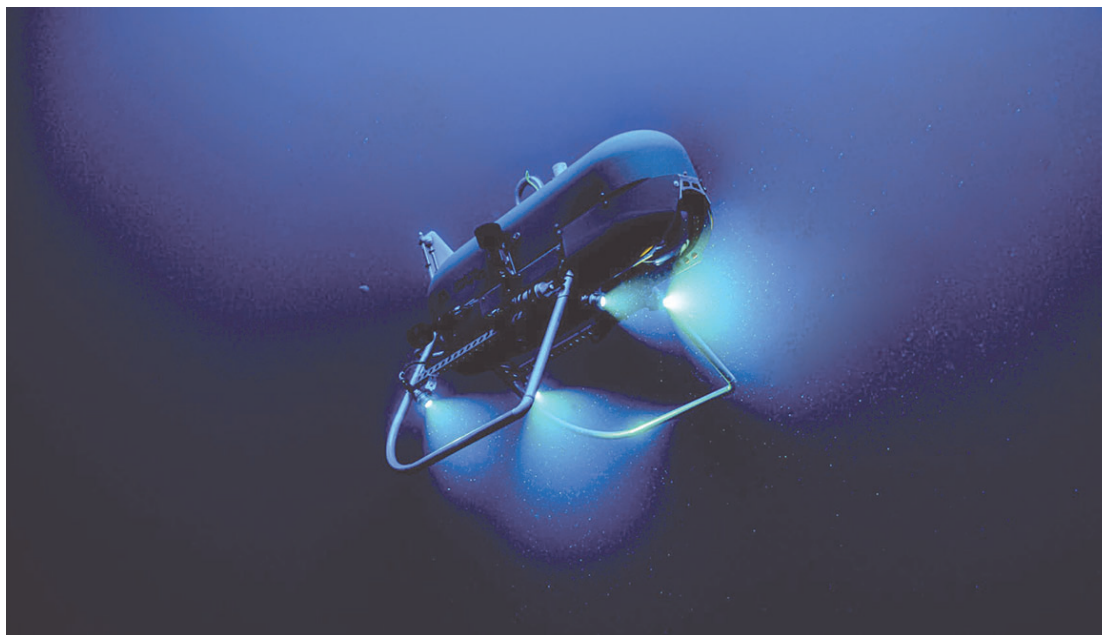
Aún más sorprendente es lo hallado debajo del propio lecho marino. Cámaras de vehículos submarinos y organismos (por ejemplo, esponjas carnívoras o

estrellas de mar) han sido avistados en el océano Austral y Pacífico, pero lo más inusual se encuentra en el subsuelo. Según detalla la organización ambiental **MarineBio Conservation Society**, se ha observado vida animal en cavidades bajo las chimeneas hidrotermales. Allí, larvas de gusanos tubícolas y otros invertebrados usan estos espacios subterráneos a modo de zonas de cría o refugio.

Estos descubrimientos amplían la geografía de los hábitats posibles y cuestionan los límites de la biosfera en condiciones de oscuridad total y frío extremo. En la ciencia, este mosaico de hallazgos abre preguntas acerca de los límites de la vida y potenciales fuentes de nuevos compuestos biotecnológicos; mientras, la gestión ambiental subraya la necesidad de prudencia ante cualquier intervención en estos ecosistemas, pues incluso los entornos más hostiles pueden albergar una biología compleja y única.

#### **Conexión con el clima**

El mar profundo actúa semejante a un enorme reservorio de carbono y energía térmica,



**Alteraciones en el lecho marino pueden tener efectos dominó que escalan hasta la superficie.**

Foto: whoi.edu

desempeñando un papel fundamental en la regulación del clima global. En las capas abisales, los restos de organismos y compuestos orgánicos se depositan en los sedimentos, donde pueden permanecer aislados durante siglos. Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), este mecanismo de almacenamiento es vital a fin de amortiguar el aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico, funcionando parecido a un sumidero natural estabilizador de la temperatura planetaria. Sin embargo, la fragilidad de estos ecosistemas es evidente: alteraciones físicas o químicas en los sedimentos, provocadas por actividades humanas o cambios ambientales, podrían liberar carbono y modificar la química del agua, lo que genera impactos capaces de propagarse hacia la superficie y la atmósfera.

Más el océano no solo almacena, también transporta. La circulación termohalina, denominada “gran cinta transportadora”, conecta los polos con los trópicos mediante el movimiento constante de aguas frías y saladas hacia el fondo y aguas más cálidas hacia la superficie. Este flujo no solo distribuye el oxígeno y los nutrientes en la columna de agua, regula asimismo los patrones climáticos regionales y globales.

Un artículo publicado en **Nature Communications**, titulado *Assessing the impact of the global subsea telecommunications network on sedimentary organic carbon stocks*, advierte cómo los cambios en la salinidad, la temperatura o el aporte de agua dulce podrían alterar el flujo de esta cinta transportadora. Las consecuencias serían devastadoras: la interrupción de este equilibrio desencadenaría fenómenos extremos como sequías, olas de calor marítimas o modificaciones en la intensidad de los huracanes, lo que subraya la importancia de mantener este sistema en aras de sostener la vida marina y humana.



**La biodiversidad abisal revela formas de vida asombrosas adaptadas a la presión extrema.** Foto: bbc.com

### **Los minerales del fondo marino**

Los nódulos polimetálicos, concentraciones ricas en manganeso, níquel, cobalto y otros minerales valiosos han desatado una auténtica carrera global tras el deseo de explorar y extraer los recursos del fondo marino. Pese a que estas promesas económicas podrían ser clave en el futuro tecnológico, su explotación plantea serios dilemas éticos y ecológicos los cuales dividen a la comunidad científica y política.

Un reportaje de **Nature Geoscience** sobre la minería de aguas profundas, expresa que la remoción de estos nódulos y el disturbio de los sedimentos conllevaría efectos colaterales. Investigaciones recientes indican cómo las comunidades de organismos bentónicos, muchas de las cuales aún son desconocidas, dependen de estas formaciones rocosas para alimentarse y reproducirse. Su destrucción, además de afectar la biodiversidad abisal y alterar los ciclos biogeoquímicos, podría liberar carbono almacenado durante siglos.

Empero, la regulación de estas actividades se enfrenta a un laberinto legal. En aguas internacionales, el vacío normativo complica la gobernanza efectiva. La Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (Convemar) establece principios de soberanía y conservación, pero las normas específicas

respecto a minería y manejo de recursos aún son insuficientes. La Organización de Naciones Unidas explica que la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos (ISA) es la encargada de regular las concesiones, mas los marcos de protección ambiental son recientes y dependen de evaluaciones científicas que tardan años en consolidarse, creando incertidumbre en lo relativo a su ejecución práctica y monitoreo.

Esta situación genera un debate constante entre el desarrollo económico y la preservación de ecosistemas únicos. La organización World Wildlife Fund advierte que esta “fiebre” refleja una tensión fundamental entre desarrollo y conservación. La decisión de cómo gestionar estas riquezas no solo afectará al lecho marino, pues también tendrá repercusiones directas en la pesca, la seguridad alimentaria y la estabilidad climática global.

¿Estamos dispuestos a sacrificar el equilibrio climático y la seguridad alimentaria de las futuras generaciones por el brillo efímero del metal? La ciencia nos tiende un puente hacia el entendimiento, pero es la prudencia quien debe actuar a modo de ancla encargada de detener la depredación impulsiva. Proteger el abismo no es renunciar al progreso, por el contrario, significa garantizar un legado de vida, para que esta, en todas sus formas, siga floreciendo.