

MONITOR

SOSTENIBILIDAD N° 02 / 2023

Minería de Aguas Profundas

Entre las potenciales materias primas y los riesgos medioambientales

André Algermißen

- › La creciente demanda de materias primas críticas da lugar a que las aguas profundas, con sus recursos minerales, sean cada vez más el centro de interés.
- › La minería de aguas profundas es polémica, ya que, si bien nuevas fuentes de materias primas pueden ser explotadas, también se teme que se produzcan graves daños a un ecosistema muy sensible y complejo.
- › La Autoridad Internacional de los Fondos Marinos (ISA) tiene la función de regular la extracción de minerales. Actualmente se está elaborando un reglamento denominado "Mining Codes".
- › Alemania aboga por que se postergue la minería de aguas profundas hasta que se hayan investigado los riesgos suficientemente y se hayan formulado las correspondientes regulaciones de extracción.

Tabla de Contenido

La búsqueda de materias primas críticas	2
Los tesoros de las aguas profundas	3
Marco jurídico	4
Argumentos contra la minería de aguas profundas	5
Argumentos en favor de la minería de aguas profundas.....	6
El discurso político en Alemania.....	7
Conclusión y recomendaciones	8
Impreso	13
El Autor	13

La búsqueda de materias primas críticas

La carrera por las materias primas críticas se inició a más tardar con la “transición energética” y con la planificada adaptación a tecnologías neutrales para el clima. La demanda de materias primas metálicas aumentará inevitablemente a causa de la construcción de centrales eólicas y solares, así como por la necesidad del almacenamiento de baterías y el almacenamiento de hidrógeno. Al mismo tiempo es previsible que el crecimiento de la población mundial también se correlacione con el aumento de la demanda de materias primas. Por ello, el abastecimiento sostenible de fuentes de materias primas ocupa un lugar destacado en la agenda de los responsables políticos.

En la búsqueda de fuentes de materias primas y como alternativa a la minería en tierra, en los últimos años se ha prestado cada vez más atención a las aguas profundas, donde se encuentran diferentes agregados minerales a una profundidad de entre 2.000 y 6.000 metros. El conocimiento de la existencia de enormes yacimientos de materias primas en las aguas profundas no es para nada nuevo: ya en 1873, los participantes en una expedición del buque de investigación británico *HMS Challenger* descubrieron materias primas en las profundidades del mar. El ingeniero de minas estadounidense John L. Mero, en su libro pionero *The Mineral Resources of the Sea*, resumió acertadamente que los nódulos de manganeso representan un recurso casi inagotable debido a su alto contenido de manganeso y a sus enormes yacimientos en aguas profundas.¹

Sin embargo, el aprovechamiento económico de las aguas profundas se encuentra en un estado de incertidumbre legal debido a la ausencia de un reglamento, el llamado “Mining Codes”. Además, los potenciales riesgos ecológicos suscitan polémicas sobre los proyectos de extracción previstos. Esto demuestra una vez más que nuestros mares se encuentran en una situación de tensión entre los intereses económicos y las exigencias de una protección medioambiental sostenible.

Los tesoros de las aguas profundas

En las aguas profundas se encuentran, en particular, tres agregados minerales: nódulos de manganeso, sulfuros macizos y costras de cobalto. Estas se forman a través de procesos químicos y geológicos en el fondo marino, donde los nódulos de manganeso y las costras de cobalto necesitan millones de años en crecer, mientras que los sulfuros masivos se forman en miles de años.²

Los nódulos de manganeso se encuentran a una profundidad de entre 3.000 a 6.000 metros en las llanuras abisales cubiertas de sedimentos de todo el océano. De ellos se pueden extraer metales como el níquel, el cobre y el cobalto, que son necesarios para las baterías, así como para la tecnología medioambiental y energética.³ La ventaja de los nódulos de manganeso, según el geólogo marino Carsten Rühlemann, es que cada tonelada de nódulos de manganeso contiene en promedio el doble de manganeso, níquel y cobre que una tonelada de roca mineral terrestre.⁴ Por ejemplo, muchos nódulos de manganeso se encuentran en la zona Clarion-Clipperton (CCZ) del Pacífico, entre México y Hawái, la que desde hace muchos años es el centro de futuros proyectos de exploración. Según los científicos esta zona contiene más manganeso, níquel y cobalto del que todavía se podrá extraer en tierra.⁵

En las laderas de los montes marinos (seamounts), creados durante millones de años por la actividad volcánica en el fondo marino, se forman costras de cobalto, así como también las llamadas costras polimetálicas. Los expertos estiman que hay hasta 33.000 montes marinos en todo el mundo.⁶ Las costras de cobalto contienen no sólo grandes cantidades de cobalto, sino también de níquel, manganeso y otros metales. Estos también son necesarios para la tecnología medioambiental y energética. A diferencia de los nódulos de manganeso, las costras de cobalto no pueden ser recogidos del fondo marino, sino que tienen que ser separados del subsuelo, lo que es más complejo.⁷ Otra peculiaridad es que muchas costras de cobalto no se encuentran en aguas internacionales, sino en territorios nacionales de estados con litorales.⁸

Un tercer recurso mineral que contiene metales son los sulfuros masivos. Se encuentran a una profundidad de entre 1.000 y 4.000 metros y se forman por la interacción de la actividad volcánica y el agua de mar en los límites de las placas tectónicas activas.⁹ De ellos se pueden extraer cobre y zinc, metales necesarios para los componentes de la tecnología de la comunicación. Sin embargo, sólo unos pocos de los yacimientos de sulfuros masivos conocidos son lo suficientemente grandes como para ser económicamente viables.¹⁰ Al igual que las costras de cobalto, muchos yacimientos no solo están en aguas internacionales, sino también en las zonas económicas exclusivas (ZEE) de varios estados insulares.¹¹

Los diferentes agregados minerales también difieren en cuanto a los diferentes procesos de extracción. Así, la extracción de los nódulos se lleva a cabo con la ayuda de un colector que se coloca sobre el fondo marino. Allí, excava a través de la capa superior del suelo y extrae los nódulos de manganeso mediante un procedimiento de elevación por aire o por medio de bombas de sólidos de alta densidad hasta un buque o una plataforma. A continuación, los nódulos de manganeso se enjuagan y se cargan en un buque de gran tonelaje para su transporte a tierra. En el caso de las costras de cobalto y los sulfuros macizos, se tiene que recurrir a procedimientos que desprendan o recorten la roca. Además, los procesos de extracción conllevan altos costos.

Marco jurídico

La protección de los océanos está garantizada por la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CNUDM) y en inglés, The United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS), aprobada por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar en 1982 y que entró en vigor en 1994. La Convención se conoce comúnmente como la “Constitución de los Mares”.¹² El artículo 136 de CNUDM designa a los fondos marinos situados fuera de los límites de las competencias nacionales como “patrimonio común de la humanidad”. Contrariamente a lo sugerido frecuentemente, la Convención sobre el Derecho del Mar regula el uso de los océanos, pero no explícitamente regula la protección de la biodiversidad marina. No fue hasta el 5 de marzo de 2023, cuando se alcanzó un tratado internacionalmente vinculante sobre la Biodiversidad de las Zonas Situadas Fuera de la Jurisdicción Nacional (BBNJ, por sus siglas en inglés) para la protección de los océanos. La Convención sobre el Derecho del Mar de 1994 también previó la creación de la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos (en inglés, International Seabed Authority, ISA), una organización internacional independiente. La autoridad, con sede en Jamaica, actualmente cuenta con apenas unos 40 empleados, administra los océanos y tiene también la responsabilidad de regular la extracción de minerales y garantizar la protección del medio ambiente. Para este fin, ISA dispone de amplias competencias. Por ejemplo, decide quién recibe una licencia de extracción para explorar el fondo marino y regula las condiciones para su acceso con ayuda de su competencia legislativa.¹³ El proceso de solicitud es el siguiente: por una tarifa de 500.000 dólares estadounidenses y previa presentación de un plan de trabajo, tanto las empresas públicas como las privadas pueden seleccionar un área de 150.000 kilómetros cuadrados y solicitar una licencia de exploración por 15 años, con una opción de prórroga por cinco años. Sin embargo, como condición previa debe recibir el apoyo del estado de origen de la empresa, el cual a su vez tiene que haber ratificado el CNUDM.¹⁴

Con la solicitud de explotación minera en aguas profundas presentada por el estado insular de Nauru en 2021, se ha puesto en marcha un largo y entrecortado proceso de regulación legal. Junto con la start-up canadiense *The Metals Company (TMC)*, el estado insular desea extraer nódulos de manganeso en la zona Clarion-Clipperton. La solicitud activó un plazo de 2 años a raíz de una cláusula de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, para aprobar la regulación (“Mining Code”) de los diferentes tipos de materias primas. De no haber un reglamento para la minería comercial de aguas profundas para julio 2023, los proyectos de extracción tienen que ser aprobados sobre la base de las normas vigentes. ISA ya ha preparado 17 precontratos para la extracción minera en un terreno de 1,3 millones de kilómetros cuadrados.¹⁵ Un intento del Consejo de la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos, integrado por 36 Estados, que consistía en aprobar un reglamento, fracasó en la sesión del Consejo de finales de marzo de 2023. Por el momento no está prevista una nueva sesión antes de que finalice el plazo. Las líneas de conflicto son entre otros la forma de cálculo y el importe de las tasas que ISA debe percibir en caso de una futura extracción. Por ejemplo, aún no está claro si se gravarán las utilidades o si alternativamente se debe usar el valor metálico de los nódulos.¹⁶ Además, muchos estados miembros, como Alemania y Francia, expresan sus dudas sobre la política del medioambiente.

Argumentos contra la minería de aguas profundas

“Si realmente tenemos que llegar a la minería de aguas profundas, significará una enorme intervención en la biodiversidad de esas aguas, en los hábitats que hasta ahora en su mayoría permanecen inalterados.”¹⁷ (Prof. Dr. Antje Boetius)

Los científicos se quejan unánimemente de que los conocimientos sobre las aguas profundas son insuficientes. Se estima que hasta la fecha sólo se ha explorado el 0,0001% de las aguas profundas.¹⁸

Para junio de 2021, solo el 20,6% de los fondos marinos del mundo habían sido cartografiados por geólogos y dos tercios de los organismos que viven allí no pueden ser asignados a ningún grupo conocido.¹⁹ Sin embargo, es indiscutible que las aguas profundas son un ecosistema complejo y que las especies adaptadas a esas condiciones de vida son muy sensibles. Los daños medioambientales que causaría la minería de aguas profundas “consisten principalmente en la pérdida de hábitats en el fondo marino, una considerable reducción de la densidad poblacional en todas las clases de fauna (desde microorganismos hasta megafauna), en la alteración de la composición de la fauna y en la reducción de las funciones ecosistémicas, así como en la productividad y los flujos de nutrientes.”²⁰ Además, la Oficina Federal de Protección de la Naturaleza (Bundesamt für Naturschutz) afirma que “las nubes de sedimentos y los contaminantes liberados por la explotación minera de aguas profundas [pueden] tener impactos negativos en el medio ambiente y en los seres vivos, [...] así como también extenderse a las corrientes marinas contaminando otros lugares.”²¹ También, la extracción de nódulos conlleva la pérdida de fauna de aguas profundas que, por ejemplo, funge de hábitat para que las especies raras desoven. Además, se excava completamente la capa superior del suelo.²² La extracción de costras de cobalto y de los sulfuros masivos se ve agravada por el ruido provocado por el desprendimiento de la roca y las vibraciones, cuyos efectos negativos, sobre muchas especies raras, aún no se han estudiado.²³ Los proyectos de investigación a largo plazo también pudieron demostrar que una regeneración del ecosistema es complicada: en 1989, un área de unos 10 kilómetros cuadrados del fondo marino en la denominada cuenca del Perú fue arado por científicos alemanes para investigar el impacto que tiene la minería de aguas profundas en las frágiles comunidades de vida.²⁴ En el año 2020 se publicó un estudio que reexaminó el área de la cuenca peruana. Los investigadores todavía encontraron rastros de arado y descubrieron que la actividad microbiana en las zonas afectadas se había reducido hasta cuatro veces. El estudio destaca las limitaciones de mantener y restaurar la integridad ecológica durante la extracción de nódulos.²⁵

También se puede argumentar que la minería de aguas profundas contradiría los compromisos internacionales en favor de una mayor protección de la naturaleza y los mares. La Conferencia Mundial sobre la Biodiversidad, celebrada en Montreal (Canadá) en diciembre de 2022, estableció que el 30% de los mares se designen como áreas protegidas para 2030, y el Tratado sobre la Biodiversidad de las Zonas Situadas Fuera de la Jurisdicción Nacional (BBNJ) de marzo de 2023 también otorga gran importancia a la protección de la biodiversidad marina. Se mantiene sin esclarecer cómo se pueden conciliar estos objetivos con la minería de aguas profundas. Además, la Agenda 2030 ha establecido como meta que los océanos, los mares y los recursos marinos deben ser conservados y usados de forma sostenible.

Argumentos en favor de la minería de aguas profundas

Hasta ahora, la extracción de materias primas se lleva a cabo casi exclusivamente en tierra. Las condiciones de explotación -especialmente en la minería a pequeña escala- son cualquier cosa menos sostenible: muchas de las materias primas se encuentran en países en desarrollo, donde las regulaciones de los derechos humanos y protección del medio ambiente son débiles. Los resultados son la explotación humana y los conflictos generados por la obtención de recursos. Por ejemplo, la extracción a menudo se lleva a cabo sin respetar los derechos del trabajo, de los niños y de las mujeres, y existe en algunas regiones del mundo una relación causal entre minería a pequeña escala y el financiamiento de conflictos armados, criminalidad organizada y corrupción.²⁶ Estos campos de conflicto no existirían en la minería de aguas profundas, ya que la extracción se llevaría a cabo mediante procedimientos técnicos. Al mismo tiempo, la minería en tierra también tiene graves repercusiones medioambientales: la contaminación atmosférica causada por el polvo que contiene metales pesados y radiactivos, el descenso del nivel de las aguas subterráneas y la contaminación del agua causada por el drenaje ácido procedente de las minas son sólo algunos de los muchos impactos asociados a la minería en tierra.²⁷

El experto en derecho marítimo, Uwe Jenisch, concluye “que si se utiliza una tecnología inteligente y respetuosa con el medio ambiente, en el balance medioambiental, la minería de aguas profundas puede resultar siendo mejor que el de la minería convencional.”²⁸ Alemania está considerado como uno de los países líderes en el desarrollo de tecnologías innovadoras, por lo que la minería de aguas profundas también podría impulsar la tecnología marina y la construcción naval.

La guerra de agresión rusa contra Ucrania ha provocado un cambio profundo que ha dejado claro que hay que evitar las dependencias una única fuente y que tenemos que diversificar más nuestras relaciones comerciales y económicas. Esto significa que tenemos que abastecernos de materias primas de tantas fuentes diferentes como sea posible. Este aspecto también aparece en las propuestas de la Comisión Europea para un abastecimiento seguro y sostenible de materias primas críticas para la UE, que incluyen entre otras metas la de “diversificar las importaciones de materias primas críticas a la UE para reducir las dependencias estratégicas”.²⁹ El ejemplo del cobalto pone de manifiesto la urgente necesidad de una diversificación: dos tercios de las aproximadamente 140.000 toneladas de cobalto que se producen anualmente proceden de la República Democrática del Congo, que es políticamente inestable.³⁰ En particular, la economía alemana depende de las importaciones de materias primas. Un análisis realizado por el Instituto Alemán de Investigación Económica (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, DIW) concluye que en valores monetarias, más del 90% de las materias primas que Alemania utiliza son importadas.³¹ Por ejemplo, según otros cálculos con la minería de aguas profundas se podría llegar a obtener hasta el 80% de las importaciones netas de cobalto de Alemania.³² La reorientación de la política de seguridad alemana causada por la guerra de agresión rusa debe evitar la dependencia de materias primas de procedencia única y podría recurrir también a la minería de aguas profundas.

Alemania apoya los objetivos climáticos de París para limitar el calentamiento global muy por debajo de los 2 grados centígrados en comparación con los niveles preindustriales. Para ello, la política ha establecido que para el 2030 al menos el 80 por ciento de la electricidad consumida en Alemania debe provenir de energías renovables. Aunque el desarrollo de las energías renovables trae una disminución de uso de las energías fósiles y, sin duda, contribuye de manera decisiva a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, se subestima el aumento de la demanda de materias primas que conlleva. Por ejemplo, una planta fotovoltaica moderna con la misma potencia que una planta de carbón necesita el doble de materias primas metálicas, y para

las turbinas eólicas marinas son necesarias hasta siete veces más materias primas metálicas.³³ Por lo tanto, será necesario encontrar nuevas fuentes de materias primas para poder satisfacer la creciente demanda si es que esta no se logra cubrir a través del aumento de la eficiencia energética y la sustitución de materias primas.

El discurso político en Alemania

En los últimos años, la atención política se ha centrado cada vez más en la protección marina y menos en las fuentes potenciales de materias primas. El punto culminante de esta evolución es la creación del cargo de Comisionado Marítimo, ocupado por el científico Sebastian Unger. Con ello, “el Gobierno Federal quiere subrayar la creciente importancia de la protección marina y el uso sostenible de los mares”.³⁴ Ya en el Tratado de Coalición (2021-2025) se asumió un compromiso de protección marina, que anuncia la creación de un comisionado y una ofensiva marítima: “Lanzar una ofensiva marítima para proteger la naturaleza marina, elaborar una estrategia coherente y vinculante con ella, crear el departamento de coordinación marítima dirigida por un comisionado y establecer para el futuro una conferencia marina nacional.”³⁵

Al mismo tiempo, el Acuerdo de Coalición remarca que el gobierno federal aboga internacionalmente por normas medioambientales estrictas y un control vinculante del impacto ambiental en la minería de aguas profundas, así como por continuar la investigación marina para ampliar el conocimiento de las aguas profundas.³⁶

Debido al debate actual para prevenir la dependencia de las materias primas, el gobierno federal declaró en noviembre de 2022: Alemania reforzará el principio de precaución en la minería de aguas profundas y, hasta nuevo aviso, no apoyará ninguna solicitud de extracción comercial de materias primas en aguas profundas. Al mismo tiempo, el gobierno federal aboga por un “precautionary pause”, es decir, abstenerse de ayudar a la minería de aguas profundas hasta que se hayan investigado los riesgos suficientemente y se hayan establecido regulaciones estrictas de extracción que excluyan daños graves al medio ambiente.³⁷ Sin embargo, esta posición no es de ninguna manera nueva, sino que se remonta a la última legislatura: en respuesta a una pequeña pregunta de la facción parlamentaria del FDP, el Gobierno federal de entonces expresó que la extracción de materias primas en aguas profundas no debería llevarse a cabo hasta que se haya investigado suficientemente los impactos y pueda ser demostrado que no exista alguna amenaza grave para el medio ambiente marítimo.³⁸

Sin embargo, el gobierno federal no descarta categóricamente la minería de aguas profundas. Mas bien, se debe intensificar la investigación marina. Un ejemplo de ello es la Alianza Alemana de Investigación Marina (DAM, Deutsche Allianz Meeresforschung), fundada en 2019, que tiene como objetivo “coordinar y desarrollar estratégicamente las actividades de investigación marina alemana y hacer que esta sea aún más visible y eficaz internacionalmente”.³⁹ La minería de aguas profundas también se incluyó en el Plan Maestro Nacional de Tecnologías Marítimas (Nationaler Masterplan Maritime Technologien).⁴⁰ Al mismo tiempo, Alemania, a través del Instituto Federal de Geociencias y Materias Primas (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe BGR), mantiene dos contratos de exploración con la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos (ISA) en el Pacífico y el Océano Índico para explorar las aguas profundas.

Conclusión y recomendaciones

El ejemplo de la minería de aguas profundas pone de manifiesto una vez más la tensión existente entre los intereses económicos y la protección de este ecosistema único y complejo. Las cinco conclusiones que pueden extraerse son las siguientes:

1. La investigación de aguas profundas tiene que seguir intensificándose para poder comprender mejor las complejas interrelaciones ecológicas y con ello extraer conclusiones para la protección de la biodiversidad marina.
2. Los reportes científicos ya apuntan a la vulnerabilidad de las aguas profundas. Estos conocimientos deben incorporarse a los procesos de toma de decisiones políticas y garantizar que la protección marina no se sacrifique en beneficio de una extracción no regulada de las materias primas. Las empresas tienen la responsabilidad de desarrollar procesos de extracción sostenibles que realicen intervenciones mínimamente invasivas en el medio ambiente y contrarrestan así los daños permanentes al ecosistema.
3. La Autoridad Internacional de los Fondos Marinos (ISA) seguirá cobrando importancia. Dado que la autoridad es responsable no sólo del aprovechamiento de las materias primas, sino también de la protección del medio ambiente, sólo podrá desempeñar sus funciones si se le dota de más recursos humanos y financieros. Al mismo tiempo, ISA tiene la obligación de comunicar sus decisiones de forma más transparente y de aumentar la participación de la sociedad civil.
4. Aunque existan diferentes argumentos económicos por los que se puede apoyar a la minería de aguas profundas, es esencial gestionar las expectativas: la minería de aguas profundas no debería sugerir que la minería en tierra puede ser sustituida. Mas bien, los yacimientos en aguas profundas representan un posible complemento de esta.⁴¹ Es poco oportuno descartar categóricamente la minería de aguas profundas dado el contexto de los desafíos geopolíticos, así como la ambiciosa política climática y medioambiental, considerando que dependen de un gran suministro de materias primas metálicas.
5. La minería de aguas profundas no podrá convertirse en carta blanca para un consumo exorbitante de materias primas. Por lo tanto, sigue siendo necesario fortalecer la economía circular, la eficiencia energética y la investigación de la sustitución de materias primas para reducir su consumo. Sin embargo, sigue en duda que se pueda satisfacer la creciente demanda de materias primas a largo plazo.

Los próximos meses mostrarán si la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos será exitosa en la aprobación de los llamados "Mining Codes" y en establecer normas claras que impidan la explotación dañina para los océanos. Sin embargo, una cosa está clara: equilibrar los intereses económicos y medioambientales será un proceso muy delicado.

-
- ¹ Luise Heinrich (2020): Tiefseebergbau. Ein Umweltproblem? En: Hydrographische Nachrichten 117. <https://henry.baw.de/server/api/core/bitstreams/f78e8b2d-1b7d-403e-a3a2-458bee2b3046/content> (Visto por última vez el 19.05.2023): 56.
 - ² FAIR OCEANS (2019): Untiefen. Tiefseebergbau zwischen Umwelt und Entwicklung. Ein Diskussionsbeitrag. En: <https://fair-oceans.info/wp-content/uploads/2020/07/Fair-Oceans-Tiefseebergbau.pdf> (Visto por última vez el 19.05.2023): 2.
 - ³ GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel (2019): Mineralische Rohstoffe aus der Tiefsee. Entstehung, Potential und Risiken. <https://www.geomar.de/fileadmin/content/service/presse/public-pubs/rohstoffbroschuere.pdf> (Visto por última vez el 19.05.2023): 15.
 - ⁴ Sonja Fröhlich (2022): Caspers Knöllchen. En: FOCUS del 02.04.2022, nro. 14: 78.
 - ⁵ Daniel Friedli (2022): Rausch in der Tiefsee. En: Neue Züricher Zeitung am Sonntag del 13.02.2022: 18-19.
 - ⁶ Bund für Umwelt und Naturschutz (2018): BUNDposition Tiefseebergbau. En: https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/bund/position/tiefseebergbau_position.pdf (visto por última vez 19.05.2023): 9.
 - ⁷ GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel (2019): Mineralische Rohstoffe aus der Tiefsee. Entstehung, Potential und Risiken. <https://www.geomar.de/fileadmin/content/service/presse/public-pubs/rohstoffbroschuere.pdf> (visto por última vez 19.05.2023): 21-25.
 - ⁸ Bund für Umwelt und Naturschutz (2018): BUNDposition Tiefseebergbau. En: https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/bund/position/tiefseebergbau_position.pdf (visto por última vez 19.05.2023): 9.
 - ⁹ GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel (2019): Mineralische Rohstoffe aus der Tiefsee. Entstehung, Potential und Risiken. <https://www.geomar.de/fileadmin/content/service/presse/public-pubs/rohstoffbroschuere.pdf> (visto por última vez 01.06.2023): 8-14.
 - ¹⁰ GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel (2019): Mineralische Rohstoffe aus der Tiefsee. Entstehung, Potential und Risiken. <https://www.geomar.de/fileadmin/content/service/presse/public-pubs/rohstoffbroschuere.pdf> (visto por última vez 01.06.2023): 8-14.
 - ¹¹ World Ocean Review 3 (2014): Kapitel 3: Mineralische Rohstoffe. En: <https://worldoceanreview.com/de/wor-3/mineralische-rohstoffe/massivsulfide/> (visto por última vez 01.06.2023).
 - ¹² World Ocean Review 3 (2014): Kapitel 4: Umweltschonende Förderung und gerechte Verteilung. En: https://worldoceanreview.com/wp-content/downloads/wor3/WOR3_de_Kapitel_4.pdf (visto por última vez 19.05.2023): 120.
 - ¹³ Aline Jaeckel (2018): Klare Regeln für den Tiefseebergbau. En: Vereinte Nationen. Zeitschrift für die Vereinten Nationen und ihre Sonderorganisationen 4/2018. <https://zeitschrift-vereinte->

- nationen.de/publications/PDFs/Zeitschrift_VN/VN_2018/Heft_4_2018/04_Jaeckel_VN_4-2018_30-7-2018.pdf (visto por última vez 19.05.2023): 154.
- 14 Ulrike Kronfeld-Goharani (2020): Welthunger nach Rohstoffen. Soziale und umweltpolitische Konflikte um Ressourcen in der Tiefsee. En: Wissenschaft & Frieden 4/2020.
[file://kas.zz/Benutzer/HOME/ALGERMISSEN-A/Downloads/UlrikeKronfeld-GoharaniWelthungernachRohstoffenin2020-4%20\(3\).pdf](https://kas.zz/Benutzer/HOME/ALGERMISSEN-A/Downloads/UlrikeKronfeld-GoharaniWelthungernachRohstoffenin2020-4%20(3).pdf). (visto por última vez 19.05.2023).
- 15 Christoph Hein (2022): Der Streit um die Tiefsee ist voll entbrannt. En: FAZ.NET del 02.07.2022.
- 16 Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2022): Marine Rohstoffe. Newsletter. Marine Mineralische Rohstoffe an der BGR.
https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Marine_Rohstoffe_Newsletter/Rohstoffwirtschaft/marine_mineralische_rohstoffe_2022.pdf;jsessionid=01D198C223647FC822D6EBF0D9DBB8C8.internet012?_blob=publicationFile&v=3 (visto por última vez 01.06.2023): 7-8.
- 17 Mitteldeutsche Rundfunk (2022): YouTube-Video: Wann lösen wir das Rätsel Tiefsee, Frau Boetius? <https://www.youtube.com/watch?v=oxnQdCzQ9gE> (visto por última vez 05.06.2023).
- 18 Louisa Casson: Conservation. For the global ocean.
<https://oceanographicmagazine.com/features/greenpeace-global-oceans/> (visto por última vez 01.06.2023).
- 19 Deutsche Stiftung Meeresschutz: Licht aus? Tiefseebergbau – Die Tiefsee.
https://www.stiftung-meeresschutz.org/tiefseebergbau/?gad=1&gclid=EAlaIqObChMlnvaHr4ai_wlVivGLCh1C8AsdEAMYAiAAEgKNPFD_BwE (visto por última vez 01.06.2023).
- 20 GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel (2019): Mineralische Rohstoffe aus der Tiefsee. Entstehung, Potential und Risiken.
<https://www.geomar.de/fileadmin/content/service/presse/public-pubs/rohstoffbroschuere.pdf> (visto por última vez 01.06.2023): 27.
- 21 Bundesamt für Naturschutz (2022): Meeresnaturschutzperspektive zum Tiefseebergbau. Die Tiefsee schützen – Biologische Vielfalt erhalten. <https://www.bfn.de/sites/default/files/2022-10/2022-die-tiefsee-sch%C3%BCtzen-biologische-Vielfalt-erhalten-bfn.pdf> (visto por última vez 01.06.2023): 22.
- 22 WWF (2021): Hintergrunddokument: Tiefseebergbau. Rohstoffabbau in der Tiefsee bringt kaum abschätzbare Risiken. <https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Meere/WWF-Hintergrunddokument-2021-Tiefseebergbau.pdf> (visto por última vez 01.06.2023): 12.
- 23 WWF (2021): Hintergrunddokument: Tiefseebergbau. Rohstoffabbau in der Tiefsee bringt kaum abschätzbare Risiken. <https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Meere/WWF-Hintergrunddokument-2021-Tiefseebergbau.pdf> (visto por última vez 01.06.2023): 14.
- 24 Christopher Schrader (2016): Meeresbergbau: Raubbau in der Tiefsee. En: Süddeutsche Zeitung del 27.03.2016. <https://www.sueddeutsche.de/wissen/umweltschutz-narben-am-grund-1.2918500> (visto por última vez 11.04.2023).

- ²⁵ Tobias Vonnahme, Massimiliano Molari, Frank Wenzhöfer, Matthias Haeckel, Jürgen Titschack und Antje Boetius (2020): Effects of a deep-sea mining experiment on seafloor microbial communities and functions after 26 years. En: Science Advances 6 / 18 (2020). <https://www.science.org/doi/full/10.1126/sciadv.aaz5922> (visto por última vez 11.04.2023).
- ²⁶ Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (2023): Artisanaler und Kleinbergbau. <https://rue.bmz.de/rue/themen/kleinbergbau-86610> (visto por última vez 19.05.2023).
- ²⁷ Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (2022): Der Nexus zwischen Umwelt und Menschenrechten im Bergbau. <https://rue.bmz.de/resource/blob/117042/kurzinformation-umwelt-und-menschenrechte-pdf.pdf> (visto por última vez 19.05.2023).
- ²⁸ Uwe Jenisch (2022): Tiefseebergbau als Beitrag zur „Green Economy“. En: Schiff&Hafen 3 / 2022: 47.
- ²⁹ Europäische Kommission (2023): Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Rahmens zur Gewährleistung einer sicheren und nachhaltigen Versorgung mit kritischen Rohstoffen und zur Änderung der Verordnung (EU) 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1724 und (EU) 2019/1020. En: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:903d35cc-c4a2-11ed-a05c-01aa75ed71a1.0003.02/DOC_1&format=PDF (visto por última vez 19.05.2023): 3.
- ³⁰ Sabrina Weiss (2021): Auf der Suche nach nachhaltigeren Metallen für den Batterienboom. En: Neue Züricher Zeitung del 17.07.2021: 56-57.
- ³¹ Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (2022): Deutschland kann seine Versorgungssicherheit bei mineralischen Rohstoffimporten erhöhen. En: DIW Wochenbericht 50/2022. https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.861649.de/22-50.pdf (visto por última vez 02.06.2023): 4.
- ³² Sonja Fröhlich (2022): Caspers Knöllchen. En: FOCUS del 02.04.2022, N° 14: 78.
- ³³ Karl Urban (2022): Kritische Metalle. Die Energiewende bekommt ein Rohstoffproblem. <https://www.spektrum.de/news/fuer-die-energiewende-werden-die-rohstoffe-knapp/2005387> (visto por última vez 02.06.2023).
- ³⁴ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2022): Neuer Meeresbeauftragter der Bundesregierung nimmt seine Arbeit auf. En: <https://www.bmuv.de/pressemitteilung/neuer-meeresbeauftragter-der-bundesregierung-nimmt-seine-arbeit-auf> (visto por última vez 19.05.2023).
- ³⁵ Koalitionsvertrag (2021): Mehr Fortschritt wagen. Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. Koalitionsvertrag 2021 – 2025 zwischen der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands (SPD), BÜNDNIS 90 / Die Grünen und den Freien Demokraten (FDP). <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/974430/1990812/1f422c60505b6a88f8f3b3b5b8720bd4/2021-12-10-koav2021-data.pdf?download=1> (visto por última vez 19.05.2023): 31.
- ³⁶ Koalitionsvertrag (2021): Mehr Fortschritt wagen. Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. Koalitionsvertrag 2021 – 2025 zwischen der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands (SPD), BÜNDNIS 90 / Die Grünen und den Freien Demokraten (FDP).

- <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/974430/1990812/1f422c60505b6a88f8f3b3b5b8720bd4/2021-12-10-koav2021-data.pdf?download=1> (visto por última vez 19.05.2023): 31.
- ³⁷ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2022): Schutz der Meere. Deutschland unterstützt bis auf Weiteres keinen Tiefseebergbau. <https://www.bmuv.de/pressemitteilung/schutz-der-meere-deutschland-unterstuetzt-bis-auf-weiteres-keinen-tiefseebergbau> (visto por última vez 01.06.2023).
- ³⁸ Deutscher Bundestag (2021): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Olaf in der Beek, Frank Sitta, Renata Alt, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der FDP (Drucksache 19/30249): Aktuelle Entwicklungen in der Forschung zu Risiken und Nutzen von Tiefseebergbau. En: <https://dserver.bundestag.de/btd/19/307/1930759.pdf> (visto por última vez 19.05.2023): 2.
- ³⁹ Deutscher Bundestag (2022): Unterrichtung durch die Bundesregierung. Bundesbericht Forschung und Innovation 2022. Drucksache 20/2400. <https://dserver.bundestag.de/btd/20/024/2002400.pdf> (visto por última vez 05.06.2023): 88.
- ⁴⁰ Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2014): Nationaler Masterplan Marine Technologien: Blaues Wachstum. Maritime Technologien. Nachhaltige Lösungen. En: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Technologie/nationaler-masterplan-maritime-technologien-flyer.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (visto por última vez 19.05.2023): 5.
- ⁴¹ Véase también Carsten Rühlemann, Thomas Kuhn und Annemiek Vink (2019): Tiefseebergbau – Ökologische und sozioökonomische Auswirkungen. En: Bürger&Staat 4/2019: Ozeane und Meere. https://www.buergerundstaat.de/4_19/ozean_meere.pdf (visto por última vez 19.05.2023): 235.

Impreso

El Autor

André Algermißen es asesor en materia de clima, agricultura y medio ambiente en el Departamento Agenda 2030 de la Fundación Konrad Adenauer en Berlín.

André Algermißen

Asesor en materia de clima, agricultura y medio ambiente
División de Análisis y Consultoría

T +49 30 / 26 996-3945

andre.algermissen@kas.de

Coordinación de la serie de publicaciones:

Gisela Elsner

Asesora en materia de política de sostenibilidad
División de Análisis y Consultoría

T +49 30 / 26 996-3759

gisela.elsner@kas.de

Esta publicación de la Konrad-Adenauer-Stiftung e. V. es únicamente para fines informativos. No puede ser utilizado por partidos políticos, candidatos o trabajadores electorales con el fin de hacer campaña electoral. Esto aplica a las elecciones federales, estatales y locales, así como a las elecciones al Parlamento Europeo.

Editor: Konrad-Adenauer-Stiftung e. V.

Diseño: yellow too, Pasiak Horntrich GbR

Realizado con el apoyo financiero de la República Federal de Alemania.



Esta publicación está autorizada bajo los términos de "Creative Commons Atribución-Compartir Igual 4.0 internacional", CC BY-SA 4.0 (disponible en: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode.de>).