

Meteorización aumentada (marina y terrestre)



La meteorización aumentada es un proceso teórico de secuestro de carbono mediante la dispersión de minerales sobre vastas áreas.

Descripción y propósito de esta tecnología

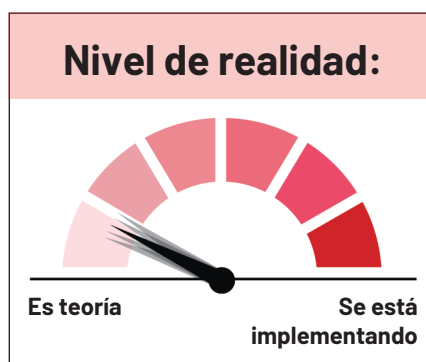
La meteorización aumentada propone capturar CO₂ al esparcir grandes cantidades de material rocoso seleccionado y finamente molido sobre extensas zonas terrestres, playas o la superficie del mar. Está entre las técnicas de remoción de dióxido de carbono (CDR, por sus siglas en inglés), que pretenden imitar y acelerar los procesos naturales de meteorización de las rocas de silicato y carbonato, un proceso natural lento que se estima consume y absorbe unos mil millones de toneladas de CO₂ de la atmósfera cada año.

La aceleración del proceso de meteorización se lograría

teóricamente extrayendo y triturando grandes cantidades de rocas que sirvan para aumentar la cantidad de rocas meteorizadas, así como su superficie reactiva.¹ La aceleración del proceso de meteorización que consume CO₂ tiene altos costos, así como potenciales

impactos en comunidades, daños ambientales y un elevado consumo de agua y energía comparable al de la minería del carbón. Las rocas adecuadas, en particular los minerales de silicato y carbonato ricos en calcio y magnesio como las rocas ultramáficas y máficas ricas en olivino o las rocas basálticas, tienen que extraerse, triturarse, transportarse y dispersarse.

Otras propuestas sugieren el uso de materiales de desecho,



como relaves mineros o subproductos industriales de la producción de hierro y acero, por ejemplo escoria de acero o polvo de los hornos de cemento, que pueden liberar contaminantes con efectos nocivos.²

La dispersión de minerales y materiales de desecho capaces de absorber el CO₂ se propone para entornos terrestres, costeros y marinos. En tierra, la aplicación suele proponerse para campos agrícolas, basándose en que la adición de harinas de roca podría aumentar la fertilidad del suelo y por lo tanto el rendimiento de las cosechas.³ Aunque las harinas de roca se utilizan regularmente como fertilizantes o acondicionadores del suelo para corregir las deficiencias en los nutrientes del suelo o en su estructura, es poco probable que la cantidad necesaria para un suministro óptimo de nutrientes tenga efectos sustanciales en la concentración global de CO₂ atmosférico: la cantidad media de roca finamente molida necesaria para absorber una tonelada de CO₂ es de dos toneladas.⁴

El aumento de la meteorización en entornos marinos también se conoce como aumento de la alcalinidad oceánica y consiste en añadir minerales molidos directamente al océano o verterlos en las playas, donde la acción de las olas los dispersaría en el agua para, en teoría, aumentar la alcalinidad y por lo tanto la absorción de CO₂. Se desconocen los efectos del aumento de la alcalinidad oceánica en los procesos bioquímicos o en la cadena alimentaria marina.⁵

Actores implicados

Aunque algunas empresas han manifestado interés en comercializar proyectos de meteorización aumentada, la mayoría de las actividades se desarrolla en el marco de proyectos de investigación procedentes de instituciones académicas de investigación con sede en el Reino Unido, Países Bajos y Norteamérica.

En el Reino Unido, el Programa de Geoingeniería de Oxford, iniciativa dirigida por Tim Kruger en la Universidad de Oxford, lidera y lleva a cabo actividades de investigación sobre meteorización aumentada. El proyecto de remoción de gases de efecto invernadero por meteorización aumentada (GGREW,

// La meteorización aumentada y el aumento de la alcalinidad oceánica son propuestas muy costosas y de alto consumo energético para los entornos terrestres, costeros y marinos. Conllevan riesgos asociados imprevisibles para los ecosistemas, grandes impactos sociales para las comunidades de las zonas mineras y un balance global de emisiones muy dudoso. //

por sus siglas en inglés) tiene como objetivo explorar la viabilidad de la meteorización aumentada en océanos, evaluar diferentes formas de acelerar el proceso artificialmente y llevar a cabo pruebas en mar abierto en la Gran Barrera de Coral en Australia y en el Golfo de Aqaba frente a la costa de Israel. Desde 2008, Tim Kruger intenta comercializar un método de aumento de la alcalinidad oceánica basado en cal. Su empresa Cquestrate recibió financiamiento de Shell en su fase inicial.

El Centro Leverhulme para la Mitigación del Cambio Climático (LC3M), con sede la Universidad de Sheffield (Reino Unido) y dirigido desde allí mismo, se fundó en 2016 para investigar la meteorización aumentada en tierras de cultivo como posible estrategia para incrementar el rendimiento de los campos y eliminar el CO₂ de la atmósfera. Las actividades de investigación también incluyen pruebas de campo en lugares de cultivo, aplicando cada año 50 toneladas por hectárea de basalto extraído y triturado, para probar la meteorización aumentada en diferentes entornos agrícolas. Los ensayos se realizan en granjas en Australia, Malasia y Estados Unidos con diversos cultivos, entre ellos palma aceitera, caña de azúcar y soja. El LC3M también ha estudiado la meteorización aumentada en entornos costeros y ha realizado pruebas de laboratorio con agua de mar en colaboración con la Universidad de Bruselas, en Bélgica.



Cantera de piedra caliza. Foto: Thomas Bjørkan, tomada de Flickr.

En los Países Bajos, Olaf Schuiling llevó a cabo una investigación de laboratorio sobre meteorización aumentada con rocas ricas en olivino en la Universidad de Utrecht. En 2009 estableció la Smart Stones Foundation (antes The Olivine Foundation) para promover y comercializar aplicaciones de olivino para remoción de CO₂ y realizó ensayos a pequeña escala. Se propusieron pruebas a mayor escala en exteriores, pero no se pusieron en práctica. La investigación de Schuiling contribuyó a la fundación de las empresas neerlandesas greenSand y Green Minerals, que intentan comercializar la meteorización aumentada con rocas ricas en olivino. Green Minerals también participa en el proyecto de investigación alemán CO₂MIN, que explora la absorción de CO₂ con rocas ricas en olivino y basalto de los gases de combustión.

En América del Norte, investigadores de la Universidad de Guelph (Ontario) proponen y prueban la meteorización aumentada con roca de silicato de calcio wollastonita, en ensayos de maceta con frijoles y maíz. En un proyecto de investigación financiado por Natural Resources Canada y conducido por la Universidad de Columbia Británica (UBC, por sus siglas en inglés), se hacen pruebas sobre la idoneidad para la meteorización aumentada de los relaves mineros procedentes de la extracción de níquel, diamantes o platino. La UBC se asoció con FPX

Nickel Corporation, propietaria de varias minas de níquel, para realizar pruebas de campo en una mina en el distrito del níquel de Decar, en la Columbia Británica, Canadá. El Proyecto Vesta, con sede en California, fundado por el “biohacker” y empresario de medicamentos para el cerebro Eric Matzner, pretende poner en marcha un proyecto para probar meteorización aumentada con rocas con abundancia de olivino en las playas. Oceankind, una organización de financiamiento filantrópico, planea formar un centro de conocimiento sobre el aumento de la alcalinidad oceánica con socios del sector científico, políticos y sector privado, para lo cual organizó un evento de lanzamiento en California en septiembre de 2019.⁶

Impactos de la tecnología

Si se empleara la meteorización aumentada con el objetivo de reducir significativamente la concentración atmosférica de CO₂ a escala mundial, sería necesario extraer enormes cantidades de rocas, comparables a la actual minería de carbón mundial, ya que se necesitan aproximadamente 2 toneladas de material rocoso para absorber 1 tonelada de CO₂. Obviamente, operaciones mineras de tal magnitud aumentarían exponencialmente los efectos devastadores de la minería en las comunidades afectadas por esta actividad en todo el mundo, además de incrementar

sus graves impactos ambientales y causar grandes cantidades de emisiones de gases de efecto invernadero.⁷

Además, la meteorización aumentada requiere la molienda, el transporte y la dispersión a gran escala de estos enormes volúmenes de rocas, lo que aumentaría aún más su huella ambiental y de CO₂.⁸

Aunque la roca molida puede aportar nutrientes a las tierras agrícolas, también puede modificar las propiedades del suelo y liberar sustancias con efectos nocivos incluso en pequeñas dosis, como níquel, cromo y cadmio. La meteorización aumentada también puede provocar cambios hidrológicos y contaminación en las masas de agua por lixiviación o erosión.⁹

La meteorización aumentada suele recomendarse para regiones tropicales con suelos pobres en nutrientes, como los oxisoles y los ultisoles. Esto contradice los hallazgos que sugieren que la meteorización es muy sensible a la temperatura. Sus mejores resultados ocurren con temperaturas de 10°C a 15°C y tanto las temperaturas bajas como las altas la limitan.¹⁰

Si el material rocoso molido se aplica directamente al océano a gran escala, las sustancias nocivas, los cambios en la concentración de silicio o los procesos biogeoquímicos no deseados pueden afectar la biota marina. El aumento de la alcalinidad oceánica podría provocar cambios en la composición de especies marinas y en las redes alimentarias marinas. Se desconocen los efectos en la vida de las profundidades marinas.¹¹

Si se considera el uso de subproductos de minas y otras industrias para meteorización aumentada o para aumento de la alcalinidad oceánica, es probable que tengan impacto negativo en la vida marina y la biogeoquímica del océano debido a que contienen metales pesados¹² y otras sustancias nocivas.

La meteorización aumentada y el aumento de la alcalinidad oceánica son propuestas muy costosas y de alto consumo energético para los entornos terrestres, costeros y marinos. Presentan riesgos imprevisibles para los ecosistemas, grandes impactos sociales para comunidades de las zonas de extracción y un balance global de emisiones altamente dudoso. La meteorización aumentada y el aumento de la alcalinidad oceánica aparecen como impracticables debido a las enormes cantidades de roca que requieren. Además, su potencial para remover realmente el CO₂ de la atmósfera a gran escala no está probado.

Nivel de realidad

La meteorización aumentada y el aumento de la alcalinidad oceánica se basan principalmente en ejercicios de modelización y modelos teóricos, pero se están realizando algunas pruebas de campo a escala y se prevén o se están preparando otras, como experimentos en entornos de arrecifes en Israel y Australia (GGREW), en playas del Caribe (Proyecto Vesta) y en minas de níquel en Canadá (FPX Nickel Corporation y socios de investigación).

Más información

Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll,
"Geoengineering Map",
<https://map.geoengineeringmonitor.org/>

Notas finales

- 1 Strefler et al. (2018), "Potential and costs of carbon dioxide removal by enhanced weathering of rocks", en *Environmental Research Letters*, Vol. 13:3, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aaa9c4>; Bach et al. (2019), "CO₂ Removal With Enhanced Weathering and Ocean Alkalinity Enhancement: Potential Risks and Co-benefits for Marine Pelagic Ecosystems", en *Front. Clim.*, Vol. 1, <https://doi.org/10.3389/fclim.2019.00007>
- 2 Kelmen et al. (2019), "An Overview of the Status and Challenges of CO₂ Storage in Minerals and Geological Formations", in *Front. Clim.*, Vol. 1, <https://doi.org/10.3389/fclim.2019.00009>; Renforth (2019), "The negative emission potential of alkaline materials", en *Nature Communications*, Vol. 10, <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09475-5>; Köhler et al. (2010), "The geoengineering potential of artificially enhanced silicate weathering of olivine", en *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 107:20228-20233

- 3 Strefler et al. (2018), op. cit.; Hepburn et al. (2019), "The technological and economic prospects for CO2 utilization and removal", en *Nature*, Vol. 575:87-97, <https://www.nature.com/articles/s41586-019-1681-6>
- 4 GESAMP (2019), "High level review of a wide range of proposed marine geoengineering techniques" (Boyd, P.W. y Vivian, C.M.G., eds.). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UN Environment/UNDP/ISA Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 98, 144 p.
- 5 GESAMP (2019), op. cit.
- 6 Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll (2020), *Geoengineering Map*, <https://map.geoengineeringmonitor.org/>
- 7 Kramer (2020), "Negative carbon dioxide emissions", en *Physics Today*, Vol. 73(1):44, <https://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/PT.3.4389>; GESAMP (2019), op. cit.; Köhler et al. (2010), op. cit.
- 8 Lefebvre et al. (2019), "Assessing the potential of soil carbonation and enhanced weathering through Life Cycle Assessment: A case study for Sao Paulo State, Brazil", en *Journal of Cleaner Production*, Vol. 223:468-481, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.099>
- 9 Hartmann et al. (2013), "Enhanced chemical weathering as a geoengineering strategy to reduce atmospheric carbon dioxide, supply nutrients, and mitigate ocean acidification", en *Reviews of Geophysics*, Vol. 51(2):112-149, <https://doi.org/10.1002/rog.20004>; Strefler et al. (2018), op. cit.
- 10 Zeng et al. (2019), "Sensitivity of the global carbonate weathering carbon-sink flux to climate and land-use changes", en *Nature Communications*, Vol. 10:5749, <https://doi.org/10.1038/s41467-019-13772-4>; Fuss et al. (2018), "Negative emissions - Part 2. Costs, potentials and side effects", en *Environmental Research Letters*, Vol. 13(6): 063002, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aabf9f>
- 11 Bach et al. (2019), op. cit.; Hartmann et al. (2013), op. cit.; GESAMP (2019), op. cit.; Chisholm y Cullen (2001), "Dis-Crediting Ocean Fertilization", en *Science*, Vol. 294(5541): 309-310, <https://doi.org/10.1126/science.1065349>
- 12 Renforth (2019), op. cit.; GESAMP (2019), op. cit.