

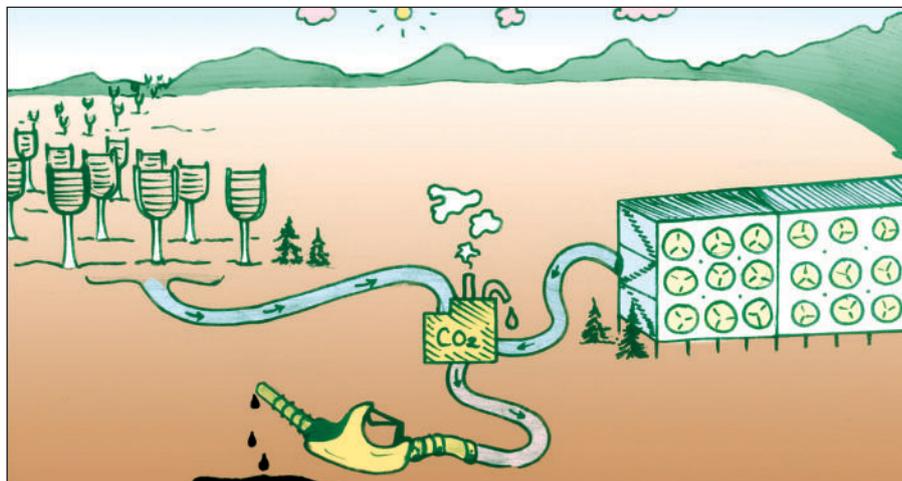
Captura directa de aire

Descripción y propósito de la tecnología

La captura directa de aire (DAC, por sus siglas en inglés) es una tecnología para la remoción de gases que algunos teorizan podría remover el CO₂ y otros gases de efecto invernadero de la atmósfera terrestre a gran escala. En estas propuestas, el carbono se almacena en el subsuelo a través de la captura y almacenamiento de carbono (CCS, por sus siglas en inglés) o en productos de diversa duración, con las técnicas de captura, uso y almacenamiento de carbono (CCUS, por sus siglas en inglés).

Los enfoques DAC utilizan reacciones químicas para separar el CO₂ de la atmósfera, empleando sustancias que actúan como un filtro selectivo de CO₂. Los dos procesos más desarrollados son con disolventes líquidos y absorbentes sólidos: el CO₂ se disuelve en un disolvente líquido, por ejemplo, una solución de hidróxido fuerte, o se adhiere a la superficie de un absorbente sólido, como una resina de plástico. Varios conceptos de DAC utilizan grandes ventiladores que mueven el aire del ambiente a través de los filtros para mejorar el proceso de captura, ya que la concentración de CO₂ en la atmósfera está en el rango de partes por millón.

Sin embargo, el proceso de filtrado del CO₂ es sólo el primer paso. Los filtros deben ser capaces de liberar el CO₂ capturado o no se podrían usar repetidamente. Este proceso de regeneración de los filtros



Por su alto costo, la captura directa de aire únicamente es viable si está vinculada a la industria petrolera.

requiere altas temperaturas (de 80°C a 800°C), lo que a su vez exige un alto insumo de energía.¹

Otros enfoques de DAC incluyen la captura de CO₂ con dispositivos tipo batería, la reducción electroquímica del CO₂, o sorbentes con procesos de separación basados en la humedad. Los diseños de las instalaciones DAC van desde contenedores de transporte llenos de colectores de CO₂ hasta árboles artificiales.²

Todas las formas de DAC son extremadamente costosas y consumidoras de energía. El



proceso completo de captura de una tonelada de CO₂ requiere entre 5 y 10 GJ (giga joules o giga julios) de energía eléctrica y/o térmica.³ Las estimaciones de costos de DAC oscilan entre 100 y 1,000 dólares por tonelada, pero los costos más bajos sólo se han demostrado teóricamente.⁴ Para tener un efecto significativo sobre las concentraciones globales de CO₂, el DAC tendría que extenderse a gran escala, lo que plantea serias dudas

sobre la gran cantidad de energía que requiere, los niveles de uso de agua para algunas tecnologías, el uso de la tierra, así como los impactos de toxicidad y la eliminación de los sorbentes químicos utilizados. Además, no se puede garantizar un almacenamiento de CO₂ seguro y a largo plazo.

Si se utiliza un enfoque de CCS, el CO₂ capturado se comprime en forma líquida y se transporta a lugares donde podría ser bombeado en formaciones geológicas, en teoría para su almacenamiento a largo plazo, pero esa tecnología conlleva toda una serie de riesgos, entre los que las fugas son uno importante (véase la reseña de la [tecnología de CCS](#)).

La CCUS es una propuesta para “almacenar” el CO₂ capturado en mercancías con una longevidad variable, como el agua con gas, los combustibles y productos químicos a base de carbono o los materiales de construcción. El CO₂, que para capturarlo hubo que utilizar enormes cantidades de energía, suele regresar a la atmósfera, por lo que en el mejor de los casos se trata de un aplazamiento de las emisiones (véase la reseña de la [tecnología de CCUS](#)).

La industria de los combustibles fósiles se siente atraída por la DAC porque el CO₂ capturado puede utilizarse para la recuperación mejorada de petróleo y eso significa que se extraerán más combustibles fósiles pero que también se emitirá más CO₂.

Todas estas técnicas (CCS, CCUS, DAC) son principalmente de interés para las industrias de los combustibles fósiles, por lo que son sus principales inversionistas: les ayudan a justificar que se sigan extrayendo y utilizando fuentes de energía sucias en las que tienen inversiones. Esto implica que continúa también la devastación de las comunidades pobres de todo el mundo, con fuertes impactos en la justicia ambiental, la salud y la economía, aunque existe poca o ninguna evidencia de que estas técnicas puedan servir para abordar la crisis climática a la escala que se requiere.

Actores implicados

Varias empresas e instituciones de investigación trabajan para comercializar

// Para tener un efecto significativo sobre las concentraciones globales de CO₂, el DAC tendría que desplegarse a gran escala, lo que plantea serias dudas por la gran cantidad de energía que requiere, los niveles de uso de agua para algunas de las tecnologías, el uso de la tierra, así como los impactos por toxicidad y la eliminación de los sorbentes químicos utilizados. Además, no se puede garantizar un almacenamiento de CO₂ seguro y a largo plazo. //

y promover las tecnologías DAC. El sector recibe inversiones privadas y públicas; no son raras las cantidades millonarias de dos dígitos. Entre los inversionistas privados destacan, aunque no exclusivamente, el sector de los combustibles fósiles y la minería, entre ellos la minera australiana-británica BHP, Bill Gates (que tiene importantes inversiones en el transporte de petróleo), varias empresas de la industria automotora, Chevron, ExxonMobil, el megainversor canadiense en arenas bituminosas Murray Edwards, Occidental Petroleum y Shell. La mayor parte del financiamiento público para DAC proviene de Estados Unidos, la Unión Europea, Canadá, Suiza y Noruega.⁵

Muchas empresas DAC son escisiones de instituciones de investigación.⁶ Climeworks AG, una derivación de ETH Zürich, es la empresa con más plantas DAC hasta el momento.

La empresa comisionó su primera planta en 2017, en Hinwil, Suiza, y participa en varios proyectos de investigación. Según Climeworks, la planta de Hinwil captura unas 900 toneladas de CO₂ al año y entrega parte del CO₂ capturado a un invernadero cercano para fertilización



Muchos de los esquemas de marketing de la DAC –que dice que utilizará grandes cantidades de energía renovable– implican la probable creación de nuevas emisiones de combustibles fósiles. Ilustración de Anja Chalmin / Grupo ETC.

con CO₂. Unas 600 toneladas de CO₂ se transportan en camión a la planta de producción suiza de la marca de agua con gas “Valser” de Coca-Cola. Climeworks colabora con varias empresas para desarrollar y producir combustibles sintéticos fabricados a partir del CO₂ capturado, entre ellas la empresa noruega Nordic Blue Crude AS, así como un proyecto conjunto del grupo petrolero italiano ENI y la filial suiza Synhelion. Climeworks ha recibido más de 50 millones de euros en subvenciones públicas e inversiones privadas.⁷

Carbon Engineering Ltd., compañía fundada por David Keith (de la Universidad de Harvard), comisionó en 2015 una planta piloto en Squamish, Canadá, que captura alrededor de una tonelada de CO₂ al día.

En 2017, la planta se conectó a una plataforma de síntesis de combustible, con el objetivo de producir combustibles sintéticos para el transporte, basados en el CO₂ capturado y el hidrógeno. La compañía ha recaudado más de 100 millones de dólares canadienses

de múltiples inversionistas privados, incluyendo empresas petroleras y mineras (Chevron, Occidental Petroleum y BHP) y fuentes públicas, y tiene previsto comisionar una planta DAC más grande en cooperación con Oxy Low Carbon Ventures en 2023. El CO₂ capturado se utilizará para la recuperación mejorada de petróleo, lo que significa más combustibles fósiles y más emisiones de CO₂.⁸

La empresa estadounidense Global Thermostat opera desde 2010 una planta piloto de DAC en Menlo Park, California. En 2018 abrió su primera planta comercial en Huntsville, Alabama, que captura 4 mil toneladas de CO₂ al año. En 2019, la compañía firmó un acuerdo de desarrollo conjunto con ExxonMobil para estudiar la escalabilidad de la tecnología DAC de Global Thermostat. Al momento de escribir esta nota, la empresa ha recaudado más de 70 millones de dólares en financiamiento.⁹

En todo el mundo hay una decena de iniciativas para seguir desarrollando y comercializando la tecnología DAC, entre ellas la finlandesa

Soletair Power. Esta empresa desarrolló una tecnología que combina DAC, un electrolizador para la producción de hidrógeno y un reactor de síntesis para la producción de hidrocarburos, y comisionó su primera instalación de demostración en 2018. La compañía estadounidense InfiniTree LLC desarrolla un sistema de captura de CO₂ para su uso en invernaderos.

La empresa Silicon Kingdom Holdings, con sede en Dublín, tiene previsto comercializar la tecnología DAC desarrollada en el Centro de Emisiones Negativas de Carbono de la Universidad Estatal de Arizona y planea “plantar” 1,200 árboles mecánicos para la captura de CO₂.¹⁰

El mayor programa de investigación sobre DAC del mundo es el proyecto de investigación paneuropeo CarbFix, financiado por la Unión Europea y dirigido por Reykjavik Energy. El proyecto combina DAC con CCS y consiste en capturar el CO₂ y el H₂S en la central geotérmica Hellisheidi de Reykjavik Energy, en las proximidades de Reykjavik. El CO₂ se disuelve en agua a presión y la solución se inyecta en formaciones basálticas cercanas a la central, a una profundidad de entre 400 y 800 metros, con el objetivo de almacenar el gas en forma mineral en el lecho rocoso. El proyecto europeo de seguimiento GECO (Control de Emisiones Geotérmicas) se lleva a cabo para profundizar y seguir desarrollando los resultados de CarbFix en cinco emplazamientos de demostración en toda Europa.¹¹

En Estados Unidos están por desarrollarse iniciativas de investigación más grandes después de que el Congreso estadounidense aprobara la Ley de Combustible Marino de 2019, que ordena al Departamento de Defensa estadounidense la implementación de un programa sobre DAC. La primera fase (2020-2023) implica la investigación y el desarrollo, seguida por las pruebas de DAC en proyectos de demostración (2024-2026).¹²

En Canadá, dos proyectos de investigación de envergadura comenzaron en 2019: el Instituto del Pacífico para las Soluciones Climáticas financia un proyecto DACCS (DAC+CCS) con planes para diseñar una plataforma flotante para capturar el CO₂ del aire ambiente e inyectarlo bajo el lecho marino

// Un ejercicio de modelización sobre el impacto de la DAC en los esfuerzos de estabilización del clima predijo que pospondría el momento de la mitigación (reducción de emisiones) y facilitaría el uso prolongado del petróleo, lo que repercutiría positivamente en los países exportadores de energía fósil. Esto es, por supuesto, similar a lo que ocurre con muchas tecnologías de geoingeniería, y el consentimiento fabricado para un mayor uso de combustibles fósiles es uno de los principales impactos negativos que implica la DAC y otros esquemas de captura de carbono. //

para su almacenamiento. Natural Resources Canada y sus socios industriales están financiando un proyecto DAC con el objetivo de mineralizar el CO₂ en los relaves de las minas, y se realizarán pruebas en una mina de níquel en Columbia Británica.

Impactos de la tecnología

El principal problema de la DAC, al igual que el de la CCS y la CCUS (todas ellas de especial interés para las industrias de combustibles fósiles, que son sus principales inversionistas), es que prolonga la vida de las fuentes de energía sucias y la continuación de los impactos devastadores de las comunidades pobres en las áreas de explotación de fuentes de energía fósil en todo el mundo. Conllevan graves impactos en la justicia ambiental, la salud y la economía. No hay evidencia de que estas tecnologías sean útiles para resolver la crisis climática, menos aún a la escala que se requiere.

Aunque se sabe poco sobre la eficacia de la captura de CO₂, la seguridad y las repercusiones de la DAC, varias empresas ya han empezado a comercializarla como solución climática. Es necesario cuestionar críticamente si la tecnología en sí misma es respetuosa con el clima, entre otras razones, porque la DAC requiere considerables insumos de energía. Estos insumos producen emisiones de gases de efecto invernadero si no proceden en su totalidad de energías renovables. La energía necesaria para capturar las 600 toneladas de CO₂ suministradas por Climeworks a la marca de agua con gas “Valser” es suficiente para abastecer de electricidad a 760 ciudadanos de la Unión Europea durante un año, aunque esta cifra excluye la energía necesaria para comprimir, purificar y transportar el CO₂ a lo largo de unos 200 kilómetros en camión.¹³

Es incompatible con los principios de justicia climática global utilizar cantidades excesivas de capacidad de energía renovable en los países desarrollados del Norte para que las industrias contaminantes continúen con sus negocios de siempre, cuando hay muchísimas personas —sobre todo en el Sur Global— que aún no tienen acceso a electricidad.

Las plantas DAC, cuando se instalan a gran escala, requieren una infraestructura considerable. Para capturar un millón de toneladas de CO₂ al año en un sistema de disolvente líquido, la huella en el suelo se ha estimado entre 60 y 100 km² para un sistema alimentado por energía solar. Esto significa que el funcionamiento de la DAC a una escala suficiente para tener un impacto en las emisiones globales de carbono supondría una amenaza considerable para grandes áreas de ecosistemas naturales.¹⁴

No se dispone de análisis completos del ciclo de vida de la construcción, mantenimiento e impacto

ambiental de las plantas DAC a gran escala, lo que constituye una grave laguna de conocimiento. Por ejemplo, se sabe poco sobre la toxicidad, la producción y el desecho de los solventes y sorbentes de CO₂ que se utilizan.

Las soluciones de hidróxido que se utilizan, por ejemplo la solución de hidróxido de potasio de Carbon Engineering, requieren importantes cantidades de energía y agua durante su producción y son altamente corrosivas. Pueden producirse fugas durante el ciclo de captura.¹⁵

El consumo de agua también es un problema durante el proceso de DAC: el consumo de agua para una tonelada de CO₂ capturado se estima entre 5 y 13 toneladas de agua y algunos procesos de DAC basados en absorbentes sólidos pueden requerir hasta 20 toneladas de agua por cada tonelada de CO₂ capturado.¹⁶ Si se escala a dimensiones relevantes para el clima, esta tecnología podría exacerbar la escasez de agua, que ya es uno de los problemas más graves de la crisis climática.

El CO₂ capturado se propone como materia prima para la CCS o para usos industriales. Los promotores de la DAC confían en que el almacenamiento geológico de CO₂ en yacimientos vacíos de petróleo y gas, o en acuíferos salinos profundos, estará disponible y será fiable y efectiva. Sin embargo, hay poca experiencia en el mundo real en la que se pueda basar esa convicción. Parece poco probable que el almacenamiento geológico pueda garantizar alguna vez un almacenamiento fiable y duradero —antes de discutir siquiera el almacenamiento de miles de millones de toneladas de carbono. En 2018, un grupo de autores plantearon que las inyecciones en el sitio islandés de DACCS Hellisheidi indujeron una actividad sísmica.¹⁷

El uso del CO₂ capturado para EOR conduce a más emisiones de combustibles fósiles. En los casos en los que el CO₂ capturado se utiliza en productos de consumo (CCUS),



Uno de los “árboles artificiales” —el “árbol mecánico” desarrollado por Silicon Kingdom Holdings a partir de la tecnología desarrollada por el Centro de Emisiones Negativas de Carbono de la Universidad Estatal de Arizona.

suele volver a entrar en la atmósfera y el resultado global muy probablemente es que acabe en la atmósfera más CO₂ del que realmente se remueve debido a las grandes cantidades de energía utilizadas para el proceso de DAC.

Un ejercicio de modelización sobre el impacto de la DAC para contribuir a la estabilización del clima predijo que pospondría el momento de mitigación (reducción de emisiones) y facilitaría un uso prolongado del petróleo, lo que repercutiría positivamente en los países exportadores de energía fósil.¹⁸ Esto es, por supuesto, similar a lo que ocurre con muchas tecnologías de geoingeniería. El consentimiento fabricado para justificar mayor uso de combustibles fósiles es uno de los principales peligros que plantean la DAC y otros esquemas de captura de carbono.

Nivel de realidad

Los enfoques de ingeniería para la captura directa de aire se han diversificado y actualmente hay más de veinte sitios de prueba, pero ninguno funciona a escala comercial. Se han anunciado sitios de DAC a mayor escala y hay varios proyectos de investigación en curso. Llevar la DAC a escala masiva sólo es posible con un gran aumento de la producción de energía total, cantidades masivas de agua



Una unidad DAC de Climeworks en Suiza.
Foto: Jay Inslee, tomada de Flickr.

y un considerable financiamiento. Sigue siendo altamente incierto el destino del CO₂ capturado y si habrá opciones de almacenamiento permanente.

Más información

Geoengineering Monitor (2019), **“Direct Air Capture – recent developments and future plans”**

<http://www.geoengineeringmonitor.org/2019/07/direct-air-capture-recent-developments-and-future-plans/>

Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll, **“Geoengineering Map”**

<https://map.geoengineeringmonitor.org/>

Notas finales

1 Beuttler et al. (2019), “The Role of Direct Air Capture in Mitigation of Anthropogenic Greenhouse Gas Emissions”, en *Front. Clim.*, 21 de noviembre de 2019, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fclim.2019.00010/full>; Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll (2020), *Geoengineering Map*, <https://map.geoengineeringmonitor.org/>

2 Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll (2020), *op. cit.*

3 National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2019), *Negative Emissions Technologies and Reliable Sequestration: A Research Agenda*, Washington, DC: The National Academies Press, 510 pp., ISBN 978-0-309-48452-7, <https://doi.org/10.17226/25259>; Gambhir & Tavoni (2019), “Direct Air Carbon Capture and Sequestration: How It Works and How It Could Contribute to Climate-Change Mitigation”, en *One Earth*, Vol. 1(4): 405-409.

4 Nisbet (2019), *THE CARBON REMOVAL DEBATE. Asking Critical Questions About Climate Change Futures*, Carbon Removal Briefing No. 2, Institute for Carbon Law Removal and Policy, American University, 24 pp., <https://www.american.edu/sis/centers/carbon-removal/upload/carbon-removal-debate.pdf>; Fuss et al. (2018), “Negative emissions-Part 2: Costs, potentials and side effects”, en *Environmental Research Letters*, Vol 13(6): 063002, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aabf9f>

5 Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll (2020), *op. cit.*

6 Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll (2020), *op. cit.*

7 Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll (2020), *op. cit.*

- 8 Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll (2020), op. cit.
- 9 Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll (2020), op. cit.
- 10 Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll (2020), op. cit.
- 11 Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll (2020), op. cit.
- 12 Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll (2020), op. cit.
- 13 Eurostat (2019), "Electricity and heat statistics", febrero de 2020, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity_and_heat_statistics#Consumption_of_electricity_per_capita_in_the_households_sector; Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll (2020), op. cit.
- 14 National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2019), op. cit.; Nisbet (2019), op. cit.
- 15 Realmonte et al. (2019), "An inter-model assessment of the role of direct air capture in deep mitigation pathways", *Natural Communications*, Vol. 10, <https://www.nature.com/articles/s41467-019-10842-5>; National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2019), op. cit.
- 16 Realmonte et al. (2019), op. cit.
- 17 Juncu et al. (2018), "Injection-induced surface deformation and seismicity at the Hellisheidi geothermal field, Iceland", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Vol. 391, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377027317304080?via%3Dihub>
- 18 Chen y Tavoni (2013), "Direct air capture of CO2 and climate stabilization: A model based assessment", *Climatic Change*, Vol. 118: 59-72, <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0714-7>