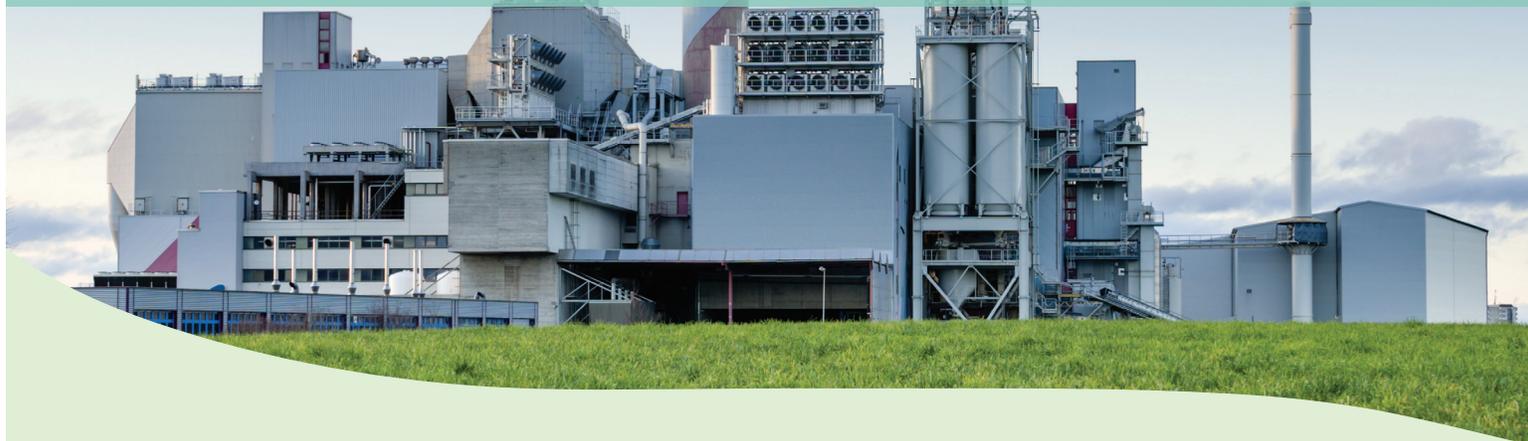


# CAPTURA Y EXTRACCIÓN DE CARBONO



## ESTADO DE LA CIENCIA PARA UN USO RESPONSABLE

*Simone H. Stewart, Ph.D., especialista en Política Industrial, Política Climática y Energética, Federación Nacional de Vida Silvestre (National Wildlife Federation)*



## CUMPLIR LOS OBJETIVOS EN MATERIA DEL CLIMA EXIGE CAPTURAR Y ALMACENAR LAS EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO Y EXTRAERLAS DE LA ATMÓSFERA

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) publicó su último informe sobre el estado del cambio climático en agosto de 2021, en el que volvía a advertir de que la humanidad tiene que limitar los niveles de calentamiento global a 1,5 o 2 grados centígrados en los próximos años para minimizar los graves impactos en la sociedad.<sup>1</sup> Aunque esta afirmación ha sido una de las conclusiones de los informes de Ciencias Físicas del IPCC durante los últimos 30 años, la nueva información revela que los impactos a medida que el mundo se acerca al límite de 1,5 grados se han vuelto más graves y ahora se experimentan en todas las regiones de Estados Unidos.<sup>1</sup> Los modelos predictivos que integran una variedad de componentes en su cálculo para determinar los mejores y peores escenarios muestran que, para cumplir con el objetivo de 1,5 grados establecido en el Acuerdo de París de 2016 y estabilizar el clima mundial, es necesario alcanzar cero emisiones netas

de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).<sup>1</sup> Un objetivo de cero emisiones netas significa que hay que combinar una reducción drástica de las emisiones de fuentes contaminantes como los automóviles y las centrales eléctricas con estrategias para extraer el CO<sub>2</sub> existente de la atmósfera y almacenarlo en la naturaleza, en el subsuelo o por otros medios. Para reducir las más de 40 gigatoneladas de CO<sub>2</sub> antropogénico que se liberan anualmente a la atmósfera, han surgido nuevas tecnologías de emisiones negativas.<sup>2</sup> Por lo tanto, es fundamental que el público y los encargados de formular políticas comprendan mejor los fundamentos y las posibles implicaciones de estas tecnologías y cómo encajan en un futuro más limpio y justo.

*La empresa suiza de captura de carbono Climeworks probó por primera vez su tecnología modular a escala industrial en la planta Capricorn de Hinwil (Suiza) en 2017. La planta de captura directa del aire se asienta sobre una planta incineradora de residuos local y utiliza el calor residual para alimentar el proceso, capturando cientos de toneladas de CO<sub>2</sub> al año. Crédito: Getty.*

# ¿CUÁL ES LA DIFERENCIA ENTRE LA CAPTURA DE CARBONO Y LA EXTRACCIÓN DE CARBONO?

**E**n las conversaciones sobre la reducción de la cantidad de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, a menudo se habla de dos vías asociadas al almacenamiento del CO<sub>2</sub>: (1) captura y (2) extracción. Hay que señalar que no se enumeran aquí todas las estrategias y que este resumen sirve para centrarse en las estrategias tecnológicas de descarbonización. Para obtener más información sobre las soluciones climáticas naturales, incluidas las estrategias de extracción natural del carbono, visite [www.nwf.org/naturalsolutions](http://www.nwf.org/naturalsolutions).

## 1. CAPTURA

Las estrategias de mitigación del cambio climático, como la captura de carbono, se suelen demostrar en el contexto de las técnicas de captura, utilización y almacenamiento de carbono, como una forma de evitar que las industrias pesadas responsables de emisiones, como la fabricación de cemento y acero o el sector energético, sigan emitiendo más CO<sub>2</sub> mientras Estados Unidos trabaja en la transición hacia una economía ecológica. Con la ayuda de la tecnología de captura de carbono, el CO<sub>2</sub> puede capturarse en gran medida en la fuente, ya sea antes o después de la combustión.<sup>3</sup>

En la industria manufacturera, los gases de combustión de los hornos de cemento y cal contienen concentraciones de CO<sub>2</sub> que pueden capturarse y separarse de otros gases.<sup>4</sup> En la fabricación de hierro y acero, el CO<sub>2</sub> puede capturarse durante los procesos utilizados para convertir el mineral de hierro en el hierro elemental utilizado para la fabricación de acero.<sup>4</sup>

El sector de la producción de electricidad y calor es responsable de la mayor cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> de todos los sectores globales, con el sector eléctrico de Estados Unidos produciendo casi 2 gigatoneladas de CO<sub>2</sub> solo en 2018.<sup>2</sup> Al modernizar las centrales eléctricas de carbón y gas con tecnología de captura de carbono, este sector también puede reducir las emisiones en instalaciones (especialmente de gas natural) que probablemente no se retiren ni sustituyan a corto plazo por fuentes de energía con cero emisiones de carbono, como la eólica y la solar.<sup>4</sup> Hasta ahora, sin embargo, no ha resultado rentable modernizar centrales eléctricas de carbón en EE. UU. que ya son poco económicas.<sup>5</sup> Dicho esto, en países en rápido desarrollo como China, la modernización de la captura de carbono del carbón puede ser una estrategia climática esencial, dado el aumento de casi 30 gigavatios en la capacidad de carbón aprobada desde 2020, junto con la continua promoción de nuevas plantas, lo que ha elevado la

capacidad total de energía de carbón de China a 247 gigavatios, suficiente para abastecer a toda Alemania.<sup>6</sup>

## 2. EXTRACCIÓN

Otras estrategias de mitigación del cambio climático, conocidas como extracción del dióxido de carbono, absorben CO<sub>2</sub> directamente del aire ambiente. Existen diversas soluciones basadas en la naturaleza para esta estrategia, como la reforestación y la restauración de praderas autóctonas, la meteorización mejorada, la fertilización de los océanos y la mineralización. Más recientemente, también se ha prestado atención a las estrategias tecnológicas, como la captura directa del aire (DAC). Esta tecnología es un respaldo beneficioso para los sectores emisores de CO<sub>2</sub> en los que la captura de carbono en la fuente puede ser más difícil, como la agricultura y el transporte.<sup>7</sup>

Dado que la DAC extrae el CO<sub>2</sub> del aire ambiente, la tecnología puede ubicarse en cualquier lugar, pero debido a la naturaleza diluida del CO<sub>2</sub> en el aire, la DAC requiere más energía para capturar el CO<sub>2</sub> que la captura de carbono en el punto de origen. En la actualidad, esta energía suele proceder de diversas combinaciones de electricidad.<sup>4</sup> Para que la DAC desplegada sea una verdadera tecnología de emisiones negativas, la cantidad de gases de efecto invernadero extraídos debe ser mayor que la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos durante todo el proceso del ciclo de vida de la tecnología, lo que requerirá una combinación de recursos de fabricación bajos en carbono y fuentes de alimentación limpias.<sup>7</sup> El proceso de DAC suele constar de dos fases: (1) en la que el CO<sub>2</sub> ambiental se une químicamente a los sorbentes, y (2) en la que se separa el CO<sub>2</sub>. El segundo paso es la parte del proceso que más energía consume.<sup>7</sup>



En el Laboratorio Nacional del Noroeste del Pacífico (Pacific Northwest Laboratory), en el estado de Washington, un científico trabaja en el desarrollo de nuevos disolventes para capturar mejor el CO<sub>2</sub> de una central eléctrica de carbón. Crédito: Departamento de Energía: Colección de imágenes de tecnología energética.

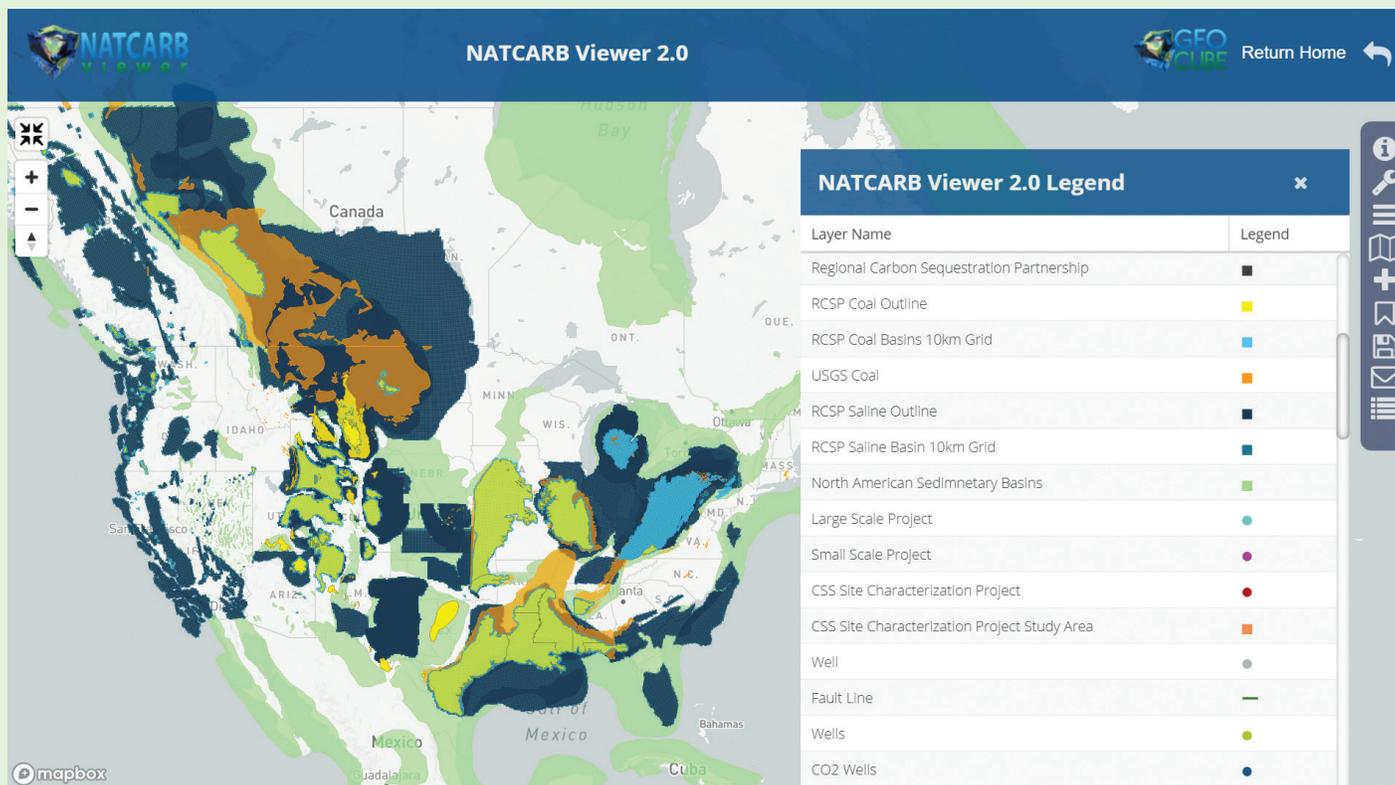
# ¿QUÉ LE OCURRE AL CO<sub>2</sub> UNA VEZ CAPTURADO?

**E**n la actualidad, hay dos vías principales que puede tomar el CO<sub>2</sub> capturado: (1) inyección en formaciones geológicas para su almacenamiento permanente, y (2) la utilización.

## 1. INYECCIÓN/ALMACENAMIENTO

Una de las vías más frecuentes para el CO<sub>2</sub> capturado es la inyección a gran profundidad bajo tierra, donde se almacena geológicamente en rocas porosas, acuíferos salinos o pozos de petróleo y gas agotados.<sup>3</sup> Para evitar fugas de CO<sub>2</sub> almacenado de esta forma, una capa de roca impenetrable debe cubrir el lugar de almacenamiento.<sup>3</sup> Estas técnicas de almacenamiento permanente suelen tener éxito porque el CO<sub>2</sub> se acumula de forma natural en los depósitos subterráneos.<sup>8</sup> Otras técnicas de almacenamiento incluyen inyectar el CO<sub>2</sub> en el suelo y hacerlo reaccionar químicamente para formar roca mineral (una técnica denominada mineralización), o almacenar el CO<sub>2</sub> bajo el fondo del océano, ya que a profundidades superiores a los 3000 metros el CO<sub>2</sub> es más denso que el agua. Sin embargo, por el momento no se conocen bien los impactos ambientales

de esta última.<sup>3</sup> Otro uso de la inyección de CO<sub>2</sub> es en los procesos de recuperación mejorada de petróleo, en los que se inyecta CO<sub>2</sub> en yacimientos petrolíferos para aumentar la producción de petróleo de un yacimiento concreto.<sup>3</sup> Aunque este proceso reduce las emisiones del ciclo de vida de la producción de petróleo, es menos preferible desde el punto de vista climático que el almacenamiento o las medidas que no provocan más combustión y emisiones.<sup>9</sup> La recuperación mejorada de petróleo ha sido la principal vía de captura de CO<sub>2</sub> en EE. UU. hasta ahora, en gran parte porque, a falta de un valor o precio para las emisiones de carbono, ha brindado el principal uso económico del CO<sub>2</sub>. Pero como las formaciones salinas son frecuentes y se están identificando continuamente, con una capacidad de miles de millones de toneladas solo en Norteamérica, que supera con creces lo que está disponible para la recuperación mejorada de petróleo, y con la ayuda de créditos fiscales como el 45Q y políticas relacionadas que incentivan el almacenamiento salino, esta situación está llamada a cambiar.<sup>4</sup>



El Departamento de Energía (DOE) desarrolló el Atlas de Almacenamiento de Carbono para estimar los recursos potenciales de almacenamiento de CO<sub>2</sub> a partir de los datos recogidos por los proyectos de campo del DOE y la información recopilada por la Base de Datos Nacional de Secuestro de Carbono y el Sistema de Información Geográfica (National Carbon Sequestration Database and Geographic Information System) (NATCARB). Las zonas resaltadas en el mapa representan una variedad de soluciones geológicas de almacenamiento permanente disponibles en Norteamérica. Crédito: Atlas de almacenamiento de carbono del Departamento de Energía.

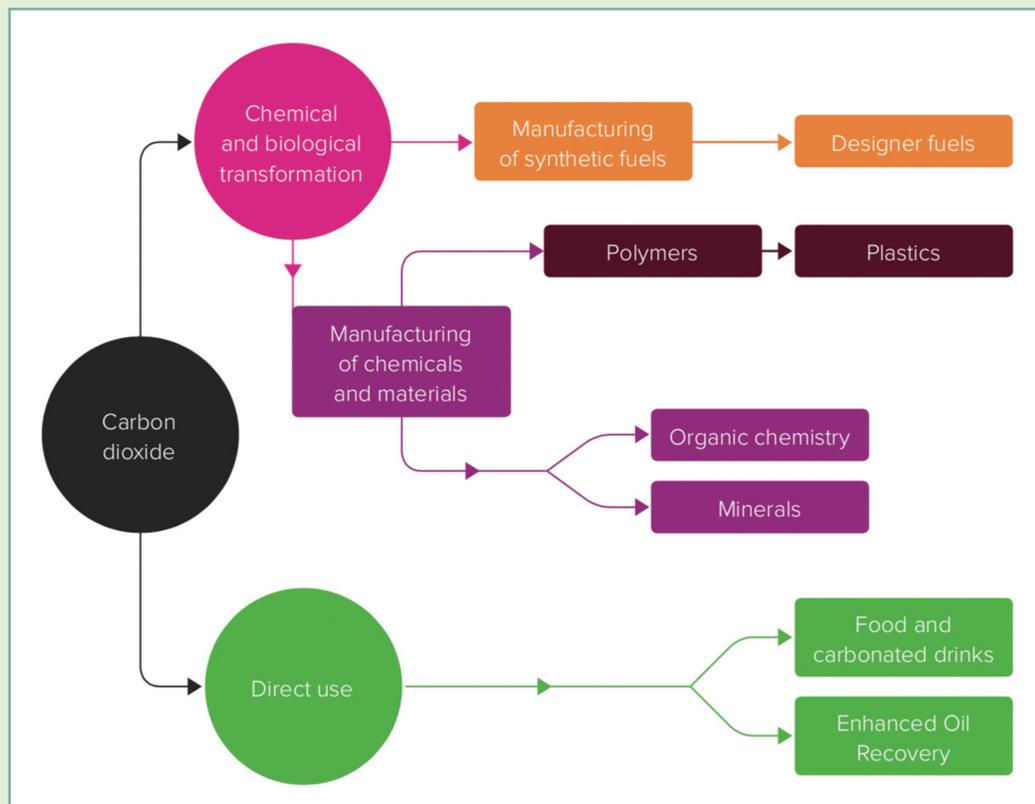
## 2. UTILIZACIÓN

Una alternativa a la inyección/el almacenamiento es que el CO<sub>2</sub> capturado se someta a otros procesos para transformarse en un producto. Aunque los productos elaborados a partir del CO<sub>2</sub> capturado son todavía muy nuevos, se han identificado varios mercados emergentes, entre ellos:<sup>10</sup>

- **Materiales de construcción.** La industria mundial produce anualmente unos 8000 millones de toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub>, de las cuales unos 2000 millones proceden de la fabricación de cemento.<sup>4</sup> El CO<sub>2</sub> puede reaccionar químicamente para producir minerales que pueden utilizarse como agregados (por ejemplo, grava o piedras molidas), y el CO<sub>2</sub> capturado puede utilizarse en el proceso de curado del hormigón. El resultado es un hormigón de mayor rendimiento y menor costo, y la posibilidad de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en la fabricación de hormigón en un 80%.<sup>11</sup>
- **Productos químicos intermedios y polímeros.** A menudo mencionado en relación con los combustibles alternativos, el CO<sub>2</sub> puede sustituir a los combustibles fósiles en el proceso de elaboración de subproductos químicos como el metanol y el metano.<sup>11</sup> Del mismo modo, el CO<sub>2</sub> puede reemplazar a los combustibles fósiles utilizados normalmente en el proceso de creación

de polímeros, que luego se utilizan en una variedad de materiales diferentes como plásticos, espumas y resinas.<sup>11</sup> La reducción del ciclo de vida de las emisiones de CO<sub>2</sub> depende del producto y del porcentaje de CO<sub>2</sub> presente en el producto final, pero podría ser de hasta un 15% de reducción para un producto que contenga un 20% de CO<sub>2</sub>.<sup>11</sup> Algunos ejemplos de productos de consumo incluyen gafas de sol de policarbonato fabricadas con CO<sub>2</sub> reciclado y zapatillas fabricadas con biomaterial que combina oxígeno y CO<sub>2</sub> como sustituto de los plásticos sintéticos.

- **Combustibles alternativos.** El sector del transporte se encuentra actualmente entre los tres mayores emisores de CO<sub>2</sub>, junto con la industria y la energía, debido a su gran dependencia de los combustibles fósiles. Los combustibles bajos en carbono representan uno de los mayores mercados para la utilización del CO<sub>2</sub>.<sup>10</sup> La creación de combustibles como el metanol, el metano y la gasolina a partir del CO<sub>2</sub> puede ser especialmente útil para los sectores del transporte difíciles de descarbonizar, como la aviación y el transporte marítimo, donde la electrificación es menos factible. Este proceso se puede realizar mediante la combinación de CO<sub>2</sub> con otras sustancias químicas como el hidrógeno y los procesos químicos posteriores, lo que reduce las emisiones inducidas por el proceso para combustibles alternativos.<sup>11</sup>



*La investigación sigue descubriendo vías para el CO<sub>2</sub> capturado, que incluyen la fabricación de productos químicos y materiales con bajas emisiones de carbono que luego pueden transformarse en productos de consumo, además de los usos directos ya habituales. Crédito: Kleij A, North M y Urakawa A, The Royal Society.*



*Entre 2016 y 2019, el proyecto de demostración de captura y almacenamiento de carbono (CCS) de Tomakomai, en la isla de Hokkaido, capturó CO<sub>2</sub> de los gases de escape que genera la unidad de producción de hidrógeno de una refinería de petróleo costera, secuestrándolo en acuíferos salinos marinos. Aunque el proyecto ya no está activo, el almacenamiento del CO<sub>2</sub> capturado se sigue controlando y documentando con fines de investigación. Crédito: Agencia Internacional de la Energía*

## ¿CUÁLES SON LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE LA CAPTURA Y EXTRACCIÓN DE CARBONO?

**D**ado que la tecnología que suele emplearse en las estrategias de captura de carbono y extracción de dióxido de carbono, aún no se ha ampliado ni aplicado extensamente, y es difícil prever todos los impactos ambientales de las tecnologías y las infraestructuras necesarias. Esto ha contribuido a una cantidad cada vez mayor de preguntas e inquietudes entre los grupos de conservación y justicia ambiental, así como en el público. Además, son pocas las evaluaciones del ciclo de vida completo que se han hecho públicas. Se trata de herramientas para evaluar las emisiones de CO<sub>2</sub> de principio a fin del proceso de captura, desde la creación y fabricación de la planta (incluidos los productos químicos necesarios), el transporte y almacenamiento del CO<sub>2</sub>, las necesidades de suministro de energía y las vías del producto. Cada pieza de este cuadro tendrá consideraciones únicas que a menudo dependerán del lugar y de la energía, y darán lugar a una variedad de impactos ambientales que deben tenerse en cuenta.<sup>7</sup> Los estudios realizados han identificado estas categorías como áreas potenciales de mayor impacto, tanto positivo como negativo:

- **Calidad del aire.** Son importantes las consideraciones sobre la calidad del aire o las emisiones potenciales de CO<sub>2</sub> relacionadas con el desarrollo de infraestructuras, la construcción y el aumento de la generación de energía durante la construcción.<sup>12</sup> En el contexto de la captura de carbono industrial y energético y de las modernizaciones, existe un potencial alentador para el cobeneficio de la

extracción de contaminantes atmosféricos sujeto a los criterios establecidos durante el pretratamiento de los gases de combustión.<sup>13</sup> Contaminantes como el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), y el material particulado, a menudo subproductos de la combustión de combustibles fósiles, suponen un daño significativo para la salud pública y corren el riesgo de contaminar los sistemas de captura de carbono, por lo que deben extraerse si se desea capturar dióxido de carbono de ese mismo sistema.<sup>13</sup>

- **Uso de sustancias químicas.** Tanto la captura de carbono como la extracción de dióxido de carbono utilizan compuestos químicos (es decir, adsorbentes y disolventes) que se adhieren al CO<sub>2</sub> en sus procesos de captura, lo que genera una huella de carbono desde la producción del producto químico, así como al final de su vida útil.<sup>14</sup> En el caso de seis adsorbentes de uso común, entre el 60% y el 91% de su huella de carbono procede de la producción de la sustancia química antes de ser utilizada en la captura de carbono, pero en general la huella es baja.<sup>14</sup> El Centro Común de Investigación de la Comisión Europea (European Commission's Joint Research Center), un organismo de investigación independiente que asesora a los encargados de formular políticas de la Unión Europea, clasificó estos mismos adsorbentes según su impacto medioambiental y su nivel de calidad, y evaluó su impacto en la eutrofización, la toxicidad humana y el uso del suelo.<sup>14</sup> Para los métodos que emplean absorción a base de solventes, el uso de hidróxido



La empresa canadiense CarbonCure inyecta el CO<sub>2</sub> capturado en el hormigón fresco, donde se lo somete a un proceso de mineralización y queda incrustado de forma permanente, reduciendo así la huella de carbono global del producto. En abril de 2021, CarbonCure ganó el NRG Canada's Oil Sands Innovation Alliance (COSIA) Carbon XPRIZE, una competencia mundial en la que los competidores desarrollan tecnologías innovadoras para convertir el CO<sub>2</sub> en productos utilizables. Crédito: Hormigón bajo en carbono de CarbonCure.

de potasio ha sido bien estudiado en usos industriales y se ha demostrado que produce una cantidad mínima de aguas residuales.<sup>15</sup> La mayoría de los residuos de disolventes degradados pueden incinerarse o eliminarse mediante procesos establecidos, aunque deben tenerse en cuenta las implicaciones medioambientales de estos procesos.<sup>16</sup>

- **Transporte y almacenamiento.** En el caso del CO<sub>2</sub> capturado que no se almacenará *in situ*, lo que suele ocurrir tanto con la captura de puntos de origen como con la DAC, es necesario transportarlo hasta el lugar de almacenamiento final. El CO<sub>2</sub> capturado puede transportarse mediante diversos métodos, como oleoductos, barcos, barcazas, ferrocarriles y camiones, y cada método tendrá sus propias implicaciones, muy localizadas.<sup>12</sup> El análisis exhaustivo del ciclo de vida también muestra que las emisiones procedentes del almacenamiento y el transporte de CO<sub>2</sub> pueden ser uno de los factores que más contribuyan a las emisiones totales del proyecto.<sup>7</sup> Existen diversos mecanismos de almacenamiento permanente que varían

*El CO<sub>2</sub> capturado puede transportarse mediante diversos métodos, como oleoductos, barcos, barcazas, ferrocarriles y camiones, y cada método tendrá sus propias implicaciones, muy localizadas.<sup>12</sup>*

en función de las condiciones geológicas, pero muchos se conocen bien gracias a años de investigación sobre pozos de petróleo y gas. Una de las principales preocupaciones de las comunidades es la posibilidad de que se produzcan fugas de CO<sub>2</sub> de los emplazamientos de almacenamiento subterráneo. Los riesgos de fugas de CO<sub>2</sub> incluyen riesgos para la salud y la seguridad humanas, así como riesgos para la flora y la fauna cercanas, debido a los efectos directos de las elevadas concentraciones de CO<sub>2</sub> gaseoso en el entorno cercano a la superficie; los efectos del CO<sub>2</sub> disuelto en la química de las aguas subterráneas; y los efectos del desplazamiento de fluidos por el CO<sub>2</sub> inyectado.<sup>8</sup> Las fugas de un emplazamiento de almacenamiento subterráneo no suelen constituir un riesgo, a menos que la permeabilidad del emplazamiento sea cuestionable o que el emplazamiento se encuentre en un lugar propenso a fenómenos sísmicos, circunstancias que deberían descalificar a un emplazamiento para recibir un permiso.<sup>17</sup> Es poco probable que se produzcan emisiones rápidas de CO<sub>2</sub>, típicas de los problemas medioambientales, ya que el CO<sub>2</sub>, al igual que los depósitos de petróleo y gas, permanece atrapado en formaciones geológicas durante millones de años.<sup>17</sup> Aunque es poco probable cuando se ubican y almacenan adecuadamente, las fugas de las tuberías que transportan CO<sub>2</sub> son siempre una posibilidad, aunque las tuberías existentes utilizan tecnología robusta para rastrear el CO<sub>2</sub> en el subsuelo y alertar a las operaciones de cualquier problema.<sup>12,17</sup>

- **Uso del suelo.** Como en cualquier operación energética o industrial, cada fase de la captura de carbono y de la extracción del dióxido de carbono requiere algún tipo de uso del suelo. Aunque las estimaciones varían dependiendo del escenario, sigue siendo una consideración importante. Aunque la mayoría de las plantas de DAC se encuentran todavía en su fase piloto, la investigación demuestra que la transformación directa del suelo necesaria dependerá de la capacidad de la planta y de su configuración de energía. En el estudio de caso más intensivo en tierra, esto podría resultar en la transformación de hasta 4,7 kilómetros cuadrados para una planta que elimine 100 000 toneladas de CO<sub>2</sub> al año, lo que requeriría un área tan grande como 59 000 kilómetros cuadrados (~1,5 veces la superficie terrestre total de Suiza) cuando se escala al nivel de gigatoneladas.<sup>7</sup>

En cuanto al suministro de energía, la superficie terrestre necesaria puede reducirse utilizando fuentes de redes eléctricas, aunque para que la captura de carbono y la extracción de dióxido de carbono sean verdaderas estrategias de emisiones negativas, esta energía tendría que proceder de fuentes renovables o de carbono cero, y el carbono almacenado de forma permanente.<sup>7</sup>

La cantidad y la ubicación de los yacimientos de petróleo y gas para el almacenamiento geológico son limitados y suelen estar alejados de los proyectos de captura de carbono, por lo que es necesario mejorar la infraestructura de oleoductos o carreteras para el transporte de CO<sub>2</sub>. Las formaciones salinas, por su parte, están más extendidas, con capacidades en EE. UU. de miles de millones de toneladas, lo que hace menos necesario el transporte de CO<sub>2</sub> a grandes distancias.<sup>4</sup> El Departamento de Energía ha elaborado un mapeo exhaustivo de estos lugares de almacenamiento como parte de su "Atlas de Almacenamiento de Carbono".

- **Necesidades de abastecimiento de energía.** Las modernizaciones para la captura de carbono en proyectos de energía tienen la ventaja de contar con fuentes de

alimentación incorporadas, pero para que las tecnologías de extracción de dióxido de carbono ayuden a conseguir emisiones netas nulas o negativas, la mayoría de los escenarios dependen de las energías renovables como fuente principal de suministro de energía. Si las restricciones de uso del suelo lo permiten, la DAC puede desarrollarse cerca de fuentes de energía renovables, lo cual es necesario debido a las elevadas necesidades térmicas y eléctricas de la tecnología.<sup>12</sup> El suministro de energía es un factor clave en la implementación de la DAC y, aunque las energías renovables son una opción para satisfacer esta necesidad, cada una de ellas conlleva su propio conjunto de impactos ambientales, incluido el desarrollo del almacenamiento de energía para tecnologías intermitentes.<sup>7</sup> Un estudio exhaustivo del ciclo de vida muestra que, según los gases de efecto invernadero emitidos durante el ciclo de vida por tonelada de CO<sub>2</sub> bruta extraída<sup>7</sup>: (1) los emplazamientos que utilizan combinaciones de electricidad poco intensivas en gases de efecto invernadero (por ejemplo, las energías renovables) son los que producen menos emisiones de gases de efecto invernadero, y (2) el almacenamiento en baterías para las necesidades de suministro de energía puede contribuir en gran medida a las emisiones totales del proyecto debido a la naturaleza intensiva del CO<sub>2</sub> del desarrollo del almacenamiento en baterías.

## CONCLUSIÓN

A medida que los efectos del cambio climático se hacen más peligrosos y generalizados, es imperativo que las tecnologías de captura y extracción de dióxido de carbono se implementen junto con un conjunto de fuentes de energía renovables y sin carbono para alimentarlas. Con cada estudio sobre el cambio climático queda más claro que las tecnologías de emisiones negativas son necesarias para cumplir los objetivos en materia del clima, y esta oportunidad de construir una nueva industria, política e infraestructura debe hacerse de tal manera que



La instalación de captura directa de aire de Climeworks Orca en Hellisheidi (Islandia) se puso en marcha en septiembre de 2021 con una capacidad de captura de 4000 toneladas, lo que la convierte en el mayor proyecto operativo de captura directa del aire hasta la fecha. Crédito: Climeworks.

las preocupaciones ambientales y sociales se enmarquen en el trabajo de base, para no repetir los efectos negativos de la producción y combustión de combustibles fósiles. La Administración de Biden, el Congreso y la industria privada tienen un papel fundamental que desempeñar en el fomento de la construcción responsable, incluida la planificación detallada con la participación de los miembros de la comunidad y las partes interesadas locales, así como la continuación del desarrollo de marcos normativos con respecto a la infraestructura y el transporte, la seguridad y la vigilancia del medio ambiente, al tiempo que se lleva a cabo una investigación transparente para corregir las carencias de datos y mejorar la comprensión y la confianza en estas tecnologías.

*También han contribuido a este informe la directora sénior de Política Climática y Energética de la Federación Nacional de Vida Silvestre (NWF), Shannon Heyck-Williams, y el director internacional del Grupo de Trabajo sobre Aire Limpio (Clean Air Task Force), Lee Beck, el director de Tecnología y Mercados, John Thompson, el geocientífico del personal, Ben Grove, y el especialista en Políticas, Marc Jaruzel, y ha sido posible gracias al apoyo de Linden Trust for Conservation, Mike Schroepfer and Erin Hoffmann Family Fund, William and Flora Hewlett Foundation y John D. and Catherine T. MacArthur Foundation, así como los numerosos colaboradores particulares de la Federación Nacional de Vida Silvestre.*

## REFERENCIAS

1. V. P. Z. A. P. S. L. C. C. P. S. B. N. C. Y. C. L. G. M. I. G. M. H. K. L. E. L. J. B. R. M. T. K. M. T. W. O. Y. R. Y. a. B. Z. Masson-Delmotte, Resumen para los encargados de formular políticas. En: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribución del Grupo de Trabajo I al Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*, Cambridge University Press, 2021.
2. Climate Watch, “Historical GHG Emissions”, Climate Watch, 2021. [En línea]. Disponible en: [https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?chartType=area&end\\_year=2018&start\\_year=1990](https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?chartType=area&end_year=2018&start_year=1990).
3. UCAR Center for Science Education, “Carbon Capture and Storage”, Corporación universitaria de investigación atmosférica (University Corporation for Atmospheric Research, UCAR), 2021. [En línea]. Disponible: <https://scied.ucar.edu/learning-zone/climate-solutions/carbon-capture-storage>.
4. Global CCS Institute, “Global Status of CCS Report 2020”, Global CCS Institute, 2020.
5. Agencia Internacional de la Energía (International Energy Agency, IEA), *CCS Retrofit*, París, 2012.
6. D. Stanway, “China’s new coal power plant capacity in 2020 more than three times rest of world’s: study”, *Reuters*, febrero de 2021.
7. T. T. K. B. C. & M. M. Terlouw, “Life cycle assessment of direct air carbon capture and storage with low-carbon energy sources”, *Environmental Science and Technology*, vol. 55, n.º 16, 2021.
8. B. D. O. D. C. H. C. L. M. & M. L. Metz, Metz, informe especial del IPCC sobre la captura y el almacenamiento de dióxido de carbono: Capítulo 5: Underground geological storage, Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
9. Center for Climate and Energy Solutions, “Enhanced Oil Recovery Environmental Benefits”, 2012.
10. Global CO2 Initiative, *Global Roadmap for Implementing CO2 Utilization*, Global CO2 Initiative, 2019.
11. International Energy Agency (IEA), *Putting CO2 to Use*, París, 2019.
12. M. W. F. B. H. K. R. K. U. L. R. N. D. R. E. a. S. V. Batres, “Environmental and climate justice and technological carbon removal”, *The Electricity Journal*, vol. 34, n.º 7, 2021.
13. Energy Futures Initiative y Stanford University, “An Action Plan for Carbon Capture and Storage in California: Opportunities, Challenges, and Solutions”, 2020.
14. S. Deutz y A. Bardow, “Life-cycle assessment of an industrial direct air capture process based on temperature–vacuum swing adsorption”, *Nature Energy*, vol. 6, n.º 2, pp. 203-213, 2021.
15. S. L. W. C. M. H. J. C. F. A. T. B. T. d. O. G. W. H. J. K. T. a. L. G. Fuss, “Negative emissions—Part 2: Costs, potentials and side effects”, *Environmental Research and Letters*, vol. 13, n.º 6, 2018.
16. B. D. O. D. C. H. C. L. M. & M. L. Metz, Metz, informe especial del IPCC sobre la captura y el almacenamiento de dióxido de carbono: Capítulo 3: Capture of CO2, Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
17. B. Hill, “Geologic Storage is Permanent: An FAQ with Bruce Hill”, Clean Air Task Force, marzo de 2021. [En línea]. Disponible: <https://www.catf.us/2021/03/geologic-storage-is-permanent-faq/#q4>.