

Nuevas tecnologías de captura de carbono podrían salvar al planeta • Tendencias21

Ver todos los artículos

15-19 minutos

Ya hay tecnologías para una gestión de la energía con tres mecanismos inspirados en la naturaleza que pueden resolver el cambio climático: el reciclaje del CO₂ para crear hidrocarburos a partir de energías renovables, la quema de dichos hidrocarburos y la extracción de todo el carbono que ahora sobra en la atmósfera y su almacenamiento en cementerios de carbono.

Mi colega divulgador, el polifacético Jorge Mira, me llamó la atención con su último artículo y después, en conversación con él, sobre un reciente avance en el campo de las tecnologías de secuestro de CO₂. Un tema muy querido para mí que, pese a ello, estaba tardando en abordar.

Sin lugar a duda, el CO₂ es una de las grandes cuestiones de nuestro tiempo.

El carbono es uno de los fundamentos de la vida en la Tierra y nuestra interferencia en su ciclo natural es cosa para hacer con tino. Se puede volver en nuestra contra. De hecho, ya lo está haciendo.

Todos sabemos que el CO₂ atmosférico produce calentamiento global. Es transparente en el segmento visible del espectro electromagnético, pero opaco en dos bandas pertenecientes al segmento de infrarrojo. Dos de las cuatro formas en las que la molécula de CO₂ vibra, absorben la radiación en dichas bandas y la transforman en movimiento microscópico, esto es, en calor.

Con ello, parte de la radiación infrarroja que la superficie de la Tierra refleja, en vez de salir despedida al espacio, es retenida y transformada en calor en la atmósfera. El de sobra conocido [efecto invernadero](#).

Por eso, saturar la atmósfera de CO₂ es un mal negocio. Incrementa la cantidad de energía almacenada en el sistema climático y, como resultado, por un lado, suben las temperaturas promedio y, por otro, hay mayor cantidad de energía disponible para mayores y más frecuentes fenómenos atmosféricos extremos.

Hasta hace muy poco los seres vivos y la geología tuvieron la exclusividad en la gestión de CO₂ atmosférico.

La **fotosíntesis vegetal** se encargaba de fijarlo (de convertirlo en hidratos de carbono), mientras la **respiración animal** se ocupaba de volverlo a liberar. Y, por su parte, la **geología** se iba encargando de almacenar remanentes de CO₂ lejos de la atmósfera, mediante el enterramiento de masas de organismos muertos y su posterior conversión en lo que para nosotros son combustibles fósiles.

Pero ese monopolio se les terminó cuando los seres humanos caímos en la cuenta de la cantidad de energía fácil que las fuerzas naturales habían puesto a nuestra disposición.

Durante los últimos dos siglos, los combustibles fósiles han sido una suerte de 'subsidio energético' gracias al cual la humanidad ha podido dar una vuelta de tuerca tecnológica a su mundo y, según pensamos, progresar.

Pero resulta que ese subsidio no era del tipo 'ayuda a fondo perdido' sino, más bien, del tipo 'préstamo con carencia'. Y ahora la Tierra y sus ocupantes (los prestamistas, en parte, nosotros mismos) nos empiezan a exigir el pago de intereses. Y para que estos no crezcan de forma alarmante, sería bueno que también empezásemos a devolver el principal del préstamo.

¿Por qué no, mejor hoy que mañana, por un lado, empezamos a retornar el carbono otrora almacenado en depósitos fósiles a largo plazo a unos almacenes similares y, por otro, dejamos de liberar más?

Pues de eso van las tecnologías de las que vamos a hablar en este artículo: tres avances en diferentes líneas de investigación con resultados muy prometedores en dos de las estrategias tecnológicas que nos permitirán empezar a gestionar el carbono a plena satisfacción de nuestros ya soliviantados acreedores.

Y en el diseño de estas estrategias, es mucho lo que la sociedad humana tiene que aprender de la Tierra: de la biología creadora de cementerios de carbono, de la fotosíntesis vegetal y de la respiración.

Por tal motivo, si me permite, empecemos dedicando unos instantes a la historia esa de la fotosíntesis y la respiración.

Fotosíntesis y respiración: La maquinaria energética de la biosfera

Dentro del amplísimo porfolio de patentes de la evolución hay dos especialmente brillantes: la fotosíntesis de los organismos autótrofos y la respiración animal.

Y no solo son brillantes en sí mismas sino, aún más, por su acción integrada y sinérgica.

Por un lado, **la fotosíntesis** es el proceso químico mediante el cual los organismos capaces de crear su propio alimento a partir de la luz solar (esto es, los organismos fotoautótrofos, como las plantas terrestres, algas rojas, algunas bacterias y unos cuantos más) transforman el CO_2 atmosférico (carbono inorgánico), con la mediación de energía solar, en un hidrato de carbono (carbono no sólo orgánico sino, de hecho, biológico, porque es directamente usable por las células de los seres vivos).

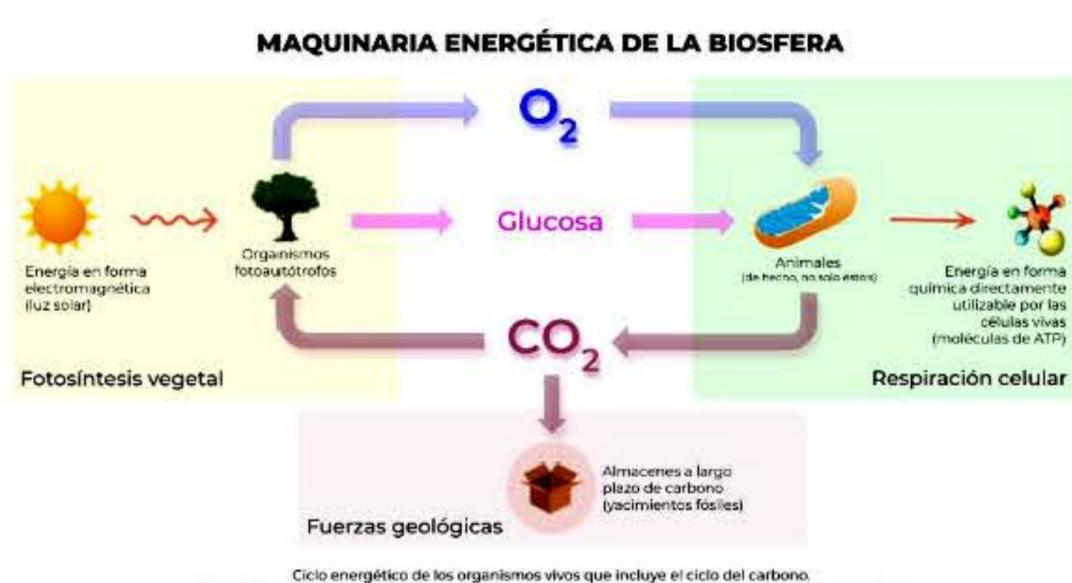
Dicho hidrato de carbono es la glucosa y cumple dos funciones. En primer lugar, es la moneda fundamental de intercambio de energía entre células de todo lo vivo conocido. Y, en segundo lugar, es la forma material en la que el carbono, la pieza más versátil del Lego de la vida conocida, entra en la cadena trófica.

En definitiva, la fotosíntesis es justamente eso: foto y síntesis. La síntesis de carbono biológico, con la intervención de luz, a partir del carbono inorgánico atmosférico.

Y por otro lado, **la respiración** es el intercambio de gases involucrado en el proceso de combustión que los animales hacemos dentro de nuestras células para la producción de la energía que necesitan.

Porque los animales no sabemos alimentarnos por nosotros mismos (no somos organismos autótrofos, sino heterótrofos). Dependemos de la energía que conseguimos de otros organismos vivos al comérmolos.

Pero además resulta que fotosíntesis y respiración están interconectadas como el yin y el yang de un ciclo cerrado y autosostenido. Es la maquinaria de energética de la biosfera:



Esquema diseñado usando imágenes de Freepik y Unsplash. Elaboración propia del autor.

Por nuestra parte, los animales inhalamos oxígeno de la atmósfera (un compuesto oxidante, nos dice la química), lo utilizamos para quemar moléculas de glucosa y, como resultado, obtenemos energía para funcionar (en forma directamente utilizable por nuestras células, moléculas de ATP) y exhalamos CO_2 a la atmósfera (un compuesto muy reducido, nos dice la química).

Y por su parte, los organismos autótrofos secuestran CO_2 atmosférico (carbono en forma inorgánica) y, gracias a que son capaces de captar energía externa al sistema de la biosfera (luz solar), pueden transformarlo en glucosa y, al mismo tiempo, liberar oxígeno a la atmósfera.

De carroñeros a autosuficientes

Igual que los seres vivos, las sociedades humanas necesitan un procedimiento de generación de energía en una forma que resulte fácilmente utilizable.

En tanto que dependientes de los combustibles fósiles, hemos venido adoptando el rol de carroñeros energéticos. Literalmente. Generamos energía utilizable por nuestras sociedades a costa de quemar organismos muertos.

Así fue desde la invención del control del fuego y así se extremó desde el momento que empezamos a utilizar el subsidio energético de combustibles fósiles.

Pero hace ya mucho tiempo que empezamos a dar los primeros pasos en otro sentido. No fue anteaer, sino hace miles de años, que comenzamos a crear nuestra propia energía útil. Los animales de tiro (a los que nosotros alimentábamos y cuidábamos) y los molinos de agua o de viento, son algunos ejemplos.

Ejemplos anecdóticos, diremos. Está claro. Pero, en todo caso, ejemplos reales. Y ahora justamente de lo que se trata es de eso: de generalizar ese modelo.

Y justamente eso son las energías renovables. Energías que nacen de nuestra autosuficiencia para procurarnos energía útil, sin necesidad de recurrir a ningún préstamo con carencia.

O bien, el sano propósito de que la sociedad humana deje de ser un organismo energéticamente carroñero y se convierta en energéticamente autótrofo.

Para ello tres son las estrategias posibles: 1) captura y almacenamiento de carbono, 2) reciclaje de hidrocarburos y 3) fortalecimiento del papel de la biosfera como gestora de carbono.

Y en las tres nos puede ayudar nuestra tecnología. Veámoslo.

Avance en las tecnologías de captura de CO₂ para su almacenamiento a largo plazo

Ya existen desde hace tiempo tecnologías que permiten extraer el CO₂ contenido en los humos mediante su limpieza con una disolución en agua de moléculas captadoras de CO₂. Pero resultan demasiado caras e industrialmente complejas y difíciles de escalar.

Así las cosas, en un artículo publicado en marzo de 2021, científicos del Pacific Northwest National Laboratory, del Electric Power Research Institute de EE. UU. y de la empresa Fluor Corporation, presentan una nueva forma de hacer las cosas que reduce en un 20% el coste del proceso. Consiguientemente, el coste de producción por tonelada de CO₂ baja de los 58 dólares actuales a 47.

Esta cifra, sumada a los créditos fiscales que ofrece la administración norteamericana por la captura y almacenamiento de CO₂, aproxima el coste de producción neto a los 30 dólares por tonelada que el Dpto. de Energía de EE. UU. considera el umbral de viabilidad y sitúa como objetivo para 2035.

El método propuesto se basa en los mismos agentes captadores de CO₂ utilizados hasta ahora (aminas, compuestos químicos derivados del amoníaco). Ahora bien, con un gran cambio: en vez de que las aminas estén disueltas en agua, han sido directamente incorporadas a las moléculas de un disolvente orgánico creado por los investigadores y que sustituye al agua, el compuesto 2-EEMPA (o, para los amantes de los trabalenguas de la química, N-(2-ethoxyethyl)-3-morpholinopropan-1-amine).

La ventaja del 2-EEMPA frente al agua es que, una vez ha cazado las moléculas de CO₂, resulta energéticamente más barato hacer que las libere para obtener CO₂ puro y 2-EEMPA limpio y reutilizable. Al contrario que el agua, no requiere ebullición y posterior condensación, sino solo calentamiento sin ebullición.

Además, la molécula 2-EEMPA ha sido diseñada para que sus atracciones entre moléculas (puentes de hidrógeno) se vuelvan hacia dentro de la molécula. El resultado es un líquido que incluso cuando está cargado de CO₂ sigue resultando industrialmente fácil de manejar (poco viscoso).

En definitiva, esta investigación presenta un proceso químico considerablemente más barato e industrialmente escalable que el existente hasta ahora.

Avances en las tecnologías de reciclaje de hidrocarburos

Por reciclaje de hidrocarburos queremos decir utilizar el CO₂ atmosférico (uno de los productos de su combustión) como materia prima para refabricar hidrocarburos (petróleo artificial, hablando en plan crudo, nunca mejor dicho :).

Y aquí dos son las investigaciones innovadoras recientes.

La primera, de diciembre de 2020, ha encontrado un **proceso químico que permite procesar CO₂ para generar moléculas de hidrocarburos pesados**, del tipo que son usados como combustible de aviones (moléculas C6 a C16, con entre 6 y 16 átomos de carbono).

Lo relevante es que dicho proceso es directo, mucho más sencillo que los procesos en varios pasos ya existentes. Y, como consecuencia, es más industrialmente escalable y con menor impacto ecológico debido a que involucra menor número de compuestos químicos.

La clave de la investigación ha sido el estudio exhaustivo que han realizado para encontrar el catalizador metálico adecuado.

Resultando ser este el consistente en nanopartículas de 14 nanómetros (10⁻⁹ metros) hechas de hierro, manganeso y potasio (Fe-Mn-K).

En este punto, hagamos un inciso para comentar que un catalizador no es otra cosa que la versión molecular de una celestina.

Un presentador de moléculas que son emocionalmente compatibles entre sí (el balance de su enlace es ventajoso, esto es, significa una reducción energética y entrópica), pero que resultan ser demasiado tímidas para romper el hielo (son reticentes a compartir sus electrones o, como se dice en la jerga química que le ocurre a los átomos de carbono del CO₂, 'ya están muy reducidos').

La segunda investigación, de mayo de 2019, propone un **método de fabricación de hidrocarburos ligeros a partir de CO₂ y luz del espectro visible (luz verde)**.

En definitiva, propone una **versión artificial de la fotosíntesis** con la que, en vez de glucosa, se produce una mezcla de metano, etileno, acetileno, propileno y propano (moléculas C1 a C3, con entre 1 y 3 átomos de carbono).

El proceso tiene lugar con el CO₂ disuelto en agua y con nanopartículas de oro y un líquido altamente iónico como artistas invitados en papel protagonista.

En pocas palabras, lo que sucede es siguiente:

Por un lado, la luz verde, al incidir sobre las nanopartículas de oro, genera en ellas un fenómeno de resonancia electrónica que pone electrones disponibles para que el CO₂ (tremendamente estable, muy reducido o 'tímido') se ionice y se convierta en CO₂⁻ (muy reactivo, su 'versión desmelenada').

Por otro, el líquido altamente iónico acelera el proceso de generación de moléculas de hidrocarburos (CH_4 , C_2H_4 , etc.) a partir del CO_2^- desmelenado. El mecanismo subyacente que conjeturan los autores es que dicho líquido dobla las moléculas de CO_2 y, de esa forma, las 'prepara' para la recepción de electrones, esto es, para su conversión en su versión desmelenada, CO_2^- .

Si nos fijamos, en este caso, es la acción sinérgica de estos los dos procesos anteriores lo que hace las veces de catalizador.

[Tema relacionado: El CO2 se puede transformar en combustible para aviones](#)

¿Y bien?

Un buen amigo, Luis, de quien tanto aprendí cuando él ya peinaba canas sobre el arte de la iniciativa privada, me solía decir: "Pablo, a veces, lo más urgente... es esperar".

Es cierto, a veces, lo que es menester hacer es, justamente, lo que resulta paradójico hacer.

Y no es que en cuanto a CO_2 proceda esperar. Todo lo contrario.

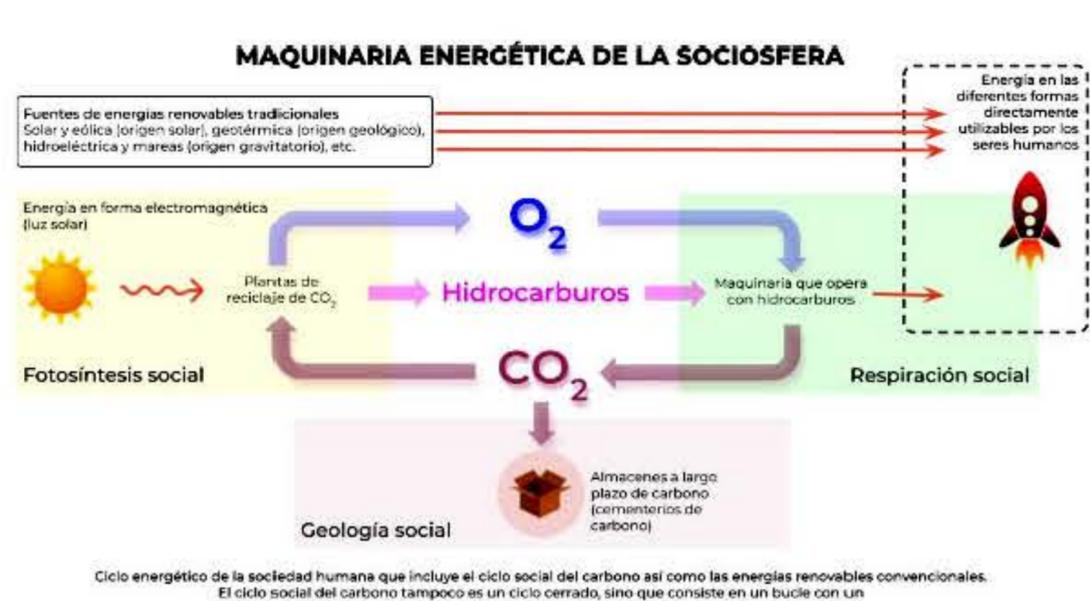
Es tiempo de actuar. ¡Y ya!

Lo que ocurre es que, en lo que a la gestión del CO_2 se refiere, nuestra creatividad nos puede ofrecer muchas ideas nuevas. Sin embargo, en esta cuestión es mejor que nuestra creatividad lea el libro de la Tierra y se inspire en él.

Y lo que ese libro nos dice es que la exitosa gestión del carbono de la Tierra se ha basado en tres mecanismos:

La fijación por fotosíntesis y la respiración animal (enlazadas en bucle, como el yin y el yang de la magna maquinaria de generación de energía de la biosfera), y el almacenamiento a muy largo plazo en forma fósil por parte de las fuerzas geológicas.

Construyamos nuestro sistema de gestión de la energía que necesita la sociedad humana a semejanza de esto, con los tres mecanismos equivalentes de gestión del carbono:



Esquema diseñado usando imágenes de Freepik y Unsplash. Elaboración propia del autor.

Por un lado, el reciclaje del CO_2 para crear hidrocarburos a partir de energías renovables y la quema de dichos hidrocarburos en la medida en que la "respiración social" así lo requiera (sin menospreciar, ¡por supuesto!, la energía eléctrica de origen renovable). Y, por otro, la extracción de todo el carbono que ahora sobra en la atmósfera y su almacenamiento a muy largo plazo en cementerios de carbono.

Podemos hacerlo. La cuestión es llegar a tiempo. Estas tecnologías marcan el camino sobre cuáles son los procesos industrialmente escalables que la ciencia debe estudiar y optimizar aún más. Y tenemos que desplegarlos a gran escala antes de que sea demasiado tarde.

Como sociedades, solo hace falta que nos lo propongamos, planifiquemos y llevemos a efecto. Puede que pocas cosas sean más importantes que esta.

Y, ya puestos, podríamos completar lo anterior prestando un poco de atención y cuidados a la biosfera en la cual vivimos y de la cual, de hecho, somos parte.

Y, sí, también en esto, la tecnología humana tiene mucho que aportar. Pero eso lo vamos a dejar para otro momento porque por hoy ya le he consumido 2.430 palabras de su tiempo.

Referencias

Nueva tecnología de captura de CO_2 para su almacenamiento a largo plazo:

["A single-component water-lean post-combustion \$\text{CO}_2\$ capture solvent with exceptionally low operational heat and total costs of capture – comprehensive experimental and theoretical evaluation"](#), Richard F. Zheng, Dushyant Barpaga y otros. Energy & Environmental Science, 1 de noviembre de 2020.

Nuevas tecnologías de reciclaje de hidrocarburos:

["Transforming carbon dioxide into jet fuel using an organic combustion-synthesized Fe-Mn-K catalyst"](#), Benzhen Yao, Tiancun

Xiao y otros. Nature Communications, 22 de diciembre de 2020.

["Plasmonic photosynthesis of C1–C3 hydrocarbons from carbon dioxide assisted by an ionic liquid"](#), Sungju Yu y Prashant K. Jain.

Nature Communications, 1 de mayo de 2019.

Foto superior: Malte Reimold en Pixabay.