

El potencial de desarrollo de proyectos de almacenamiento geológico de CO₂ en el Perú: una propuesta

The development potential of CO₂ capture and geological storage projects in Peru: a proposal

Sandra Santa-Cruz^{1*}, Alexis Dueñas¹ y Eusebio Ingol¹

1 Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.



Citar como: Santa-Cruz *et al.* (2022). «El potencial de desarrollo de proyectos de almacenamiento geológico de CO₂ en el Perú: una propuesta». *South Sustainability*, 3(2), e64. DOI: 10.21142/SS-0302-2022-e064

Artículo recibido: 22/11/2022
Revisado por pares
Artículo aceptado: 30/11/2022

El presente manuscrito fue seleccionado y presentado en el evento "Diálogos académicos: aportes de la ciencia a nuestro desafío climático, 3.ª ed." (junio de 2022) organizado por el Ministerio del Ambiente y el Grupo Impulsor de Acción Climática de la Academia.



© Los autores, 2022. Publicado por la Universidad Científica del Sur (Lima, Perú)

* E-mail de correspondencia:
ssantacruz@pucp.edu.pe

RESUMEN

La captura y el almacenamiento geológico de CO₂ (CCS) es una alternativa para la mitigación del cambio climático que ha sido poco analizada en la región oeste de Sudamérica. El objetivo de este documento es presentar resultados de una investigación previa sobre zonas potenciales para el almacenamiento geológico de CO₂ en el Perú y brindar recomendaciones orientadas a la implementación de una política pública en el país. El estudio previo concluye que es posible realizar el almacenamiento geológico en algunos lotes de extracción de hidrocarburos ubicados en la región de Piura, debido a sus condiciones geológicas, la infraestructura en el sitio y de conexión con las principales fuentes de emisión de CO₂. A la luz de estos resultados, se recomienda establecer una secuencia metodológica y procedimental para proyectos de CCS que incluya estudios de aceptación social.

Palabras clave: aceptación pública, CCS, CO₂, mitigación del cambio climático

ABSTRACT

CO₂ capture and geological storage (CCS) is an alternative for climate change mitigation that has not been fully analyzed in the context of the western region of South America. The goal of this document is to present the results of previous research on potential areas for the geological storage of CO₂ in Peru, and to offer recommendations for the implementation of a public policy in Peru. The previous study concluded that it is possible to conduct geological storage at some hydrocarbon extraction sites located in the Piura region, given their geological conditions, on-site infrastructure, and connection to the principal sources of CO₂ emissions. In light of these findings, the establishment of a methodological and procedural approach for CCS projects that includes social acceptance is recommended.

Keywords: CCS, CO₂, climate change mitigation, public acceptance



Introducción

El cambio climático global es uno de los problemas ambientales que enfrenta el mundo; se expresa en cambios del estado del clima identificables en las variaciones de la temperatura media del planeta o en la variabilidad de sus propiedades, las cuales persisten durante largos periodos de tiempo (IPCC, 2021). Parte de este problema se debe al progreso tecnológico que se ha desarrollado desde el siglo XVIII, cuya consecuencia ha sido el aumento constante de las emisiones de CO₂ hacia la atmósfera (Cerdá Tena, 2018).

El Perú es uno de los países con menores emisiones de CO₂: dos toneladas métricas per cápita, t.p.c. (World Bank, 2014), 205,294 gigagramos de CO_{2eq} según el inventario nacional de carbono 2016 (MINAM, 2022). A pesar de ello, es evidente el riesgo que enfrenta el país, cuando se refiere al cambio climático, dado que anualmente las lluvias ocasionan daños en el medio urbano y rural, con pérdidas humanas en poblaciones vulnerables. Las pérdidas económicas anuales, proyectadas a 2025 por diferentes fuentes, serían de USD 9906 millones. En ese sentido, es evidente la necesidad de identificar no solo los riesgos naturales, sino de diseñar las medidas de mitigación apropiadas, más aún si se toma en cuenta un impacto agregado, proyectado a 2100, que podría oscilar entre el 11 y el 15 % del PBI (CEPAL, 2014).

Los proyectos de captura y almacenamiento geológico de carbono (o CCS, por sus siglas en inglés) constituyen una solución viable como medida de mitigación. El CCS consiste en la captura del CO₂, que implica la separación del dióxido de carbono presente en los gases emitidos por determinadas industrias, para luego transportarlo mediante tuberías e inyectarlo en las formaciones geológicas aptas para el almacenamiento por un tiempo de hasta 10 000 años (Pérez-Estaún *et al.*, 2009, y Chadwick *et al.*, 2008). El almacenamiento geológico de CO₂ representa la mejor opción de almacenamiento debido a que presenta menores problemas ambientales, económicos y políticos, en comparación con la carbonatación mineral en la superficie y el almacenamiento en el océano (IPCC, 2021).

Sin embargo, esta técnica ha sido poco aplicada en la región oeste de Sudamérica y es necesario establecer criterios para la regulación de este tipo de intervenciones, tanto a nivel legal como técnico, que permitan la planificación, los estudios, el desarrollo, el monitoreo y el cierre de operaciones de estas medidas en zonas potenciales para el almacenamiento geológico de CO₂ en el Perú. Esta regulación permitiría controlar los riesgos del CCS principalmente durante la etapa de almacenamiento. Estos riesgos son la liberación de CO₂ hasta la superficie (que puede afectar a los seres humanos, la flora y la fauna local o, en mayor medida, aumentar el efecto del calentamiento global) y los efectos químicos del CO₂ al interactuar con los fluidos contenidos en el yacimiento (Chadwick *et al.*, 2008). Por otro lado, las fugas pueden

ocurrir por una falla o por pozos abandonados cuando estos no fueron sellados correctamente. Una fuga catastrófica puede ocurrir debido a la actividad sísmica (por ejemplo, fracturas que se pueden desarrollar en la roca impermeable que protege el yacimiento) si la ubicación de almacenamiento está cerca de la zona de riesgo sísmico (Shafeen *et al.*, 2004).

Los criterios considerados en la regulación no solo deben enfocarse en la dimensión geológica, sino también en la ambiental y social.

Enfoque y hallazgos

Se han encontrado zonas con potencial de almacenamiento geológico de CO₂ en el Perú mediante una metodología integral que ha considerado los riesgos naturales, los aspectos sociales, la caracterización geológica, la capacidad de almacenamiento, el tipo de monitoreo, el tiempo de vida del proyecto y la factibilidad económica (Carlotto *et al.*, 2022).

Desde el punto de vista geológico, el Perú cuenta con potencial de CCS en tres zonas: (1) cuencas de Talara y Sechura en la región de Piura, (2) cuenca del Marañón en la región de Loreto y (3) cuenca del Ucayali en la región de Ucayali. Debido a las favorables condiciones geológicas, la infraestructura existente y la factibilidad de transportar CO₂ de las principales fuentes de emisión, los lotes ubicados en las cuencas de Talara y Sechura son los lotes con mayor potencial. Las condiciones geológicas en las cuencas del Marañón y Ucayali son favorables, pero la distancia a las fuentes de emisión de CO₂ y la falta de buenas opciones de transporte limitan su potencial de almacenamiento de CO₂. La identificación de áreas potenciales para CCS se realizó con base en el uso del análisis multicriterio (TOPSIS), una herramienta que se complementa adecuadamente con otras como la zonificación ecológica y económica (ZEE) (Carlotto *et al.*, 2022).

La capacidad de almacenamiento de los yacimientos de Talara es alta en comparación con otras zonas alrededor del mundo. En la formación Pariñas (en Talara) se tiene una capacidad de 35,03 millones de toneladas de CO₂, aproximadamente. Además, la roca de la formación geológica Pariñas tiene características adecuadas para servir como reservorio de almacenamiento de CO₂ (Pomar *et al.*, 2021). Estos resultados fueron obtenidos mediante modelos numéricos, según lo establecido en el estado del arte e información proporcionada por Perupetro.

Si bien es cierto que la estructura geológica de los lotes identificados es adecuada para evitar generar altas presiones y tener un confinamiento que impida la migración o la fuga de CO₂ del área de almacenamiento a la superficie o a aguas subterráneas potables, se recomienda utilizar múltiples métodos de monitoreo con los que se debe construir la representación más precisa posible del comportamiento del CO₂ en el reservorio. Los

programas de monitoreo deben ser diseñados para proveer información suficiente para permitir la remediación del sitio en caso de algún escenario de riesgo, así como una clausura satisfactoria, a fin de demostrar que el sitio tiene una eficiencia de acuerdo con lo proyectado y se mantendrá de la misma manera en el futuro (Chadwick *et al.*, 2008).

Con respecto a la actitud de la población, se concluye que es favorable, siempre y cuando se cumpla con cuidar la biodiversidad y repercuta en una mejora de sus condiciones económicas. Los pobladores de la zona Talara-Sechura, en sus diversos segmentos (agricultores, agentes de gobierno, técnicos, empresas petroleras, ciudadanos urbanos), expresan una opinión favorable sobre el desarrollo y la implementación de este tipo de proyectos, claro está con las salvaguardas sociales, económicas y ambientales que considera todo proyecto relacionado con la industria petrolera. Estos resultados fueron obtenidos a partir de una encuesta en dos distritos de las provincias de Talara y Paita y un taller participativo con los tomadores de decisiones y actores locales de la misma zona (Carlotto *et al.*, 2022).

A partir del estudio de casos de otros lugares, se recomienda informar con transparencia; además, la población debe participar en la formulación e implementación de los proyectos desde las primeras etapas.

Los proyectos de CCS como una medida de reducción de emisiones de CO₂ no representan una oportunidad de negocio en este momento, pero sí en el mediano plazo. Este resultado se debe principalmente a los altos costos de transporte de CO₂. Sin embargo, las grandes variaciones en el precio del carbono en los mercados abren la posibilidad de realizarlos en el futuro. Por el momento, se recomienda hacer estudios de factibilidad técnica y pruebas *in situ* para la instalación y operación en las principales empresas generadoras de energía, con el propósito de realizar la inversión en los sistemas de CCS cuando las condiciones del mercado sean más favorables.

Recomendaciones y opciones de acción

a) Zonificación

Establecer zonas para autorizar este tipo de proyectos con base en los mapas sectorizados desarrollados en el proyecto (Carlotto *et al.*, 2022). En este contexto, las herramientas de gestión ambiental como la zonificación ecológica y económica (ZEE) se podría complementar con el análisis multicriterio, como herramienta de discriminación. La aplicación y los pronósticos con esta nueva herramienta en el marco de las medidas, identificadas, de mitigación de GEI, en particular las

relacionadas con los procesos industriales y uso de productos, se verían fortalecidos, por medio de la potestad regulatoria del Ministerio del Ambiente (Minam) en cuanto a la estrategia nacional de ZEE, con apoyo de la Comisión Ambiental Transectorial (CAT) y los gobiernos locales de las áreas en las que se identifiquen proyectos CCS.

b) Componentes técnicos

Un segundo aspecto tiene relación con los componentes técnicos que deben considerar los proyectos CCS. Se debe establecer la secuencia metodológica y procedimental para el diseño de proyectos de CCS, en condiciones de alta eficiencia y eficacia con base en el modelado numérico del comportamiento de la inyección de CO₂ en condiciones supercríticas (Pomar *et al.*, 2021). Este grupo de acciones deben comprometer el accionar de la CAT y de los órganos técnicos de los gobiernos subnacionales (Gores) y locales, los cuales pueden ser regulados mediante ordenanzas regionales o municipales según corresponda, con opinión favorable del ente rector.

c) Estudios de pertinencia social

Los estudios de pertinencia social minimizan los enfrentamientos y conflictos sociales y mejoran la aceptación social (*public acceptance*), dado que los pobladores locales, en sus diversos segmentos (agricultores, agentes de gobierno, técnicos, empresas petroleras, ciudadanos urbanos), pueden expresar su opinión sobre el desarrollo y la implementación de este tipo de proyectos, siempre con las salvaguardas sociales, económicas y ambientales que considera todo proyecto. Los estudios de *public acceptance* tienen como objetivo común, además, resolver problemas de percepción diferenciada entre gestores de proyectos de inversión extractivos y comunidades locales, para remediar sus pasivos ambientales o determinar acciones de mitigación o compensación ambiental. En este aspecto, el Minam, como órgano rector, debe implementar instrumentos de consulta pública en el marco del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), donde el Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles (Senace) juega un rol central e importante en la certificación ambiental, que permite visualizar los impactos ambientales, económicos y sociales derivados de proyectos de inversión pública o privada, entre ellos de los CCS, y de esa manera identificar tempranamente los conflictos sociales y mitigarlos con el concurso de la Presidencia del Consejo de Ministros (PCM), por medio de la Secretaría de Gestión Social y Diálogo.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

S. S-C.: Dirigió del proyecto y participó en todas las etapas.

A.D.: Análisis, talleres participativos y redacción de documento.

E.I: Búsqueda de información, análisis, modelación, talleres participativos y redacción de documento.

Referencias bibliográficas

- Carlotto, V., Dueñas, A., Ingol-Blanco, E. y Santa-Cruz, S. (2022).** «A multi-criteria approach to the selection of geological storage of CO₂ sites in Peru». *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 114, 103600. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2022.103600>
- Cerdá Tena, E. (2018).** «Climate change and energy: A global view». *Papeles de Europa*, 31(1), pp. 1-17.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL. (2014).** *La economía del cambio climático en el Perú*. Lima: CEPAL, Minam y BID.
- Chadwick, A., Arts, R., Bernstone, C., May, F., Thilbeau, S. y Zweigel, P. (2008).** «Best practice for the storage of CO₂ in saline aquifers». Nottingham: British Geological Survey.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC. (2021).** Climate Change 2021. The Physical Science Basis. Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York: UNEP y WMO.
- Ministerio del Ambiente, Minam. (2022).** *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del año 2016 y actualización de las estimaciones de los años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014*. Lima: Minam.
- Pérez-Estaún, A., Gómez, M. y Carrera, J. (2009).** «El almacenamiento geológico de CO₂, una de las soluciones al efecto invernadero». *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 17(2), pp. 179-189.
- Pomar-Castromonte, R., Ingol-Blanco, E., Santos, J. y Santa-Cruz, S. (2021).** «Analytical and numerical modeling for the assessment of CO₂ storage in the Pariñas geological formation - Talara, Peru». *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 110, 103446. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2021.103446>
- Shafeen, A., Croiset, E., Douglas, P. L. y Chatzis, I. (2004).** «CO₂ sequestration in Ontario, Canada. Part I: storage evaluation of potential reservoirs». *Energy Conversion and Management*, 45(17), pp. 2645-2659.
- World Bank. (2014).** «Emisiones de CO₂ en toneladas métricas per cápita - Perú». Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC?locations=PE>