

# DESCARBONIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN

## Introducción

El mundo necesita una combinación de avances técnicos y reducciones complementarias en el uso de energía, incluidos cambios sustanciales en el estilo de vida, si queremos detener y eventualmente revertir el aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera. La inversión ahora en tecnologías alternativas también nos liberará de la dependencia de los suministros de petróleo y gas importados de un pequeño número de países. Actualmente las tecnologías de energías limpias como la eólica o la solar han reducido mucho sus costos, siendo viable la implementación de proyectos energéticos a niveles de plantas de cientos de MW, lo cual ha estado sucediendo en los últimos cinco años alrededor de todo el mundo (Goodall, 2008). La descarbonización o economía de bajo carbono surge para evitar el impacto humano en el planeta, esta consiste en reducir el uso de combustibles fósiles en la mayor parte de los procesos humanos.

A medida que se fortalece la economía de bajas emisiones de carbono, es posible experimentar periodos de drástico exceso de oferta e interrupciones dolorosas del suministro eléctrico que frenan temporalmente el progreso. Estos problemas no son una razón convincente para frenar el desarrollo de alternativas a los combustibles fósiles; simplemente significan que experimentaremos una transición más lenta y dolorosa de lo que podríamos haber esperado, en México estos problemas han sido ya atribuidos al ingreso de nuevas centrales eléctricas de energía renovable (Forbes, 2021).

## Eficiencia Energética y Estabilidad de Precios

La eficiencia energética es finalmente un término de sentido común. Hoy en día casi todo el mundo sabe que utilizar la energía de forma más eficiente ahorra dinero, reduce las emisiones de gases de efecto invernadero que provocan fenómenos de cambio climático y disminuye la dependencia de combustibles fósiles como el petróleo, el gas y el carbón. Cuando consideramos el suministro de energía, la eficiencia energética es nuevamente el primer paso natural. Al eliminar el consumo derrochador y las pérdidas en la cadena de suministro, en realidad estamos aumentando la capacidad de los sistemas existentes mediante la creación de los llamados 'negavattios', es decir, permitiendo el suministro de más clientes sin inversiones adicionales en capacidades de generación y distribución de energía (Goodall, 2008).

Por lo tanto, ya sea que consideremos el lado de la oferta o la demanda de un sistema energético, la eficiencia energética es siempre lo primero que debemos hacer. Sin embargo, después de este paso, uno debería pensar en lo que sigue. Vivimos en una era fósil en la cima de su fuerza. Esto se debe al aumento fenomenal en el uso de combustibles fósiles como consecuencia del rápido desarrollo de las economías emergentes. La competencia por asegurar recursos para impulsar un mayor desarrollo económico está aumentando, el precio de los combustibles aumentará y los conflictos geopolíticos serán más probables a medida que la disponibilidad de combustibles fósiles disminuya gradualmente. Todo esto hará que el suministro de energía presente precios difíciles de predecir. Hoy en día, podemos ver la volatilidad de los precios del petróleo como consecuencia de las luchas internas o externas en el Medio Oriente.

## Actualidad de las Rutas de Energías Primarias

Actualmente existe la posibilidad de cierre de las principales rutas de suministro de petróleo, han surgido nuevas asociaciones energéticas, como las grandes compañías petroleras, las cuales se están posicionando para mantener su posición de liderazgo pase lo que pase, las energías renovables van en aumento aunque no sin aumentos, la movilidad eléctrica se está convirtiendo en algo más que un sueño excéntrico, el cambio climático finalmente se acepta como una realidad y está surgiendo un acuerdo internacional para enfrentar estos desafíos. Evidentemente vivimos en un mundo que cambia rápidamente y nos enfrentamos a multitud de desafíos provocados por estos procesos de cambio sin fin, tanto tecnológicos como geopolíticos. Una consecuencia es la creciente complejidad que tiene un gran impacto en la sociedad que requiere respuesta política adecuada y acciones implementadas oportunamente.

El espacio político que el cambio climático ocupó felizmente durante 5 a 10 años ha sido reemplazado temporalmente por otros temas, como el crecimiento económico y la recapitalización bancaria. Leemos con tanta frecuencia que hay falta de liderazgo, falta de dinero y tantos desafíos que enfrentamos al mismo tiempo. El criterio de los líderes políticos está restringido y el enfoque a corto plazo que se centra principalmente en el mandato en cuestión aumenta la vulnerabilidad de las economías nacionales que dependen de las importaciones de combustibles fósiles. Las naciones pequeñas y las economías pequeñas serán las primeras en sufrir si se les ve desprevenidas en medio de la lucha por los recursos entre los grandes actores.

## Justificación y Objetivos de la Descarbonización

Las naciones pueden buscar convertirse en economías bajas en carbono o descarbonizadas como parte de una estrategia nacional de mitigación del cambio climático. Una estrategia integral para mitigar el cambio climático es a través de la neutralidad de carbono.

El objetivo de la Economía de Bajo Carbono (EBC) es integrar todos los aspectos de sí mismo desde su fabricación, agricultura, transporte y generación de energía, en torno a tecnologías que producen energía y materiales con poca emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y, por lo tanto, alrededor de poblaciones, edificios, máquinas y dispositivos que utilizan esas energías y materiales de manera eficiente, y eliminan o reciclan sus desechos para tener una producción mínima de GEI. Además, se ha propuesto que para que la transición a una EBC sea económicamente viable tendríamos que atribuir un costo (por unidad de producción) a los GEI a través de medios como el comercio de emisiones y/o un impuesto al carbono (Goodall, 2008).

Algunas naciones son actualmente bajas en carbono: sociedades que no están muy industrializadas o pobladas. Para evitar el cambio climático a nivel global, todas las naciones consideradas sociedades intensivas en carbono y sociedades densamente pobladas podrían tener que convertirse en sociedades y economías con cero emisiones de carbono. El sistema de comercio de emisiones de la Unión Europea permite a las empresas comprar créditos de carbono internacionales, por lo que las empresas pueden canalizar tecnologías limpias para promover que otros países adopten desarrollos con bajas emisiones de carbono. Investigaciones anteriores muestran que en China las inversiones en proyectos ecológicos reducen los niveles de emisiones de carbono a corto y largo plazo. En contraste, la extracción de recursos naturales, el desarrollo del sector financiero y las

inversiones en energía aumentan las emisiones de carbono a corto y largo plazo.

## **Generación de Energía Baja en Carbono**

La energía con bajas emisiones de carbono es la electricidad producida con emisiones de gases de efecto invernadero sustancialmente más bajas que la generación de energía convencional con combustibles fósiles. La transición energética hacia la energía con bajas emisiones de carbono es una de las acciones más importantes necesarias para limitar el cambio climático (Goodall, 2008). Las emisiones del sector energético pueden haber alcanzado su punto máximo en 2018.

Las fuentes de generación de energía con bajas emisiones de carbono incluyen la energía eólica, la energía solar, la energía nuclear y la mayoría de la energía hidroeléctrica. El término excluye en gran medida las fuentes de plantas de combustibles fósiles convencionales y solo se utiliza para describir un subconjunto particular de sistemas de energía de combustibles fósiles en funcionamiento, específicamente, aquellos que se acoplan con éxito a un sistema de captura y almacenamiento de carbono de los gases de combustión (CCS). A nivel mundial, casi el 40% de la generación de electricidad provino de fuentes bajas en carbono en 2020: aproximadamente el 10% fue energía nuclear, casi el 10% eólica y solar, y alrededor del 20% energía hidroeléctrica y otras energías renovables.

## **Datos Históricos sobre la Generación con Bajo Carbono**

Durante finales del siglo XX y principios del siglo XXI, los hallazgos significativos sobre el calentamiento global destacaron la necesidad de frenar las emisiones de carbono. De ahí nació la idea de una

energía baja en carbono. El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), establecido por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 1988, estableció la precedencia científica para la introducción de energía baja en carbono. El IPCC ha seguido proporcionando asesoramiento científico, técnico y socioeconómico a la comunidad mundial, a través de sus informes de evaluación periódicos e informes especiales (REF).

A nivel internacional, uno de los pasos más destacados en la dirección de la energía baja en carbono fue la firma del Protocolo de Kioto, que entró en vigor el 16 de febrero de 2005, en virtud del cual la mayoría de los países industrializados se comprometieron a reducir sus emisiones de carbono. El evento histórico estableció la precedencia política para la introducción de tecnología de energía baja en carbono.

### **Atributos Diferenciadores de las Fuentes de Energía Bajas en Carbono**

Hay muchas opciones para reducir los niveles actuales de emisiones de carbono. Algunas opciones, como la energía eólica y la energía solar, producen bajas cantidades de emisiones de carbono del ciclo de vida total, utilizando fuentes totalmente renovables. Otras opciones, como la energía nuclear, producen una cantidad comparable de emisiones de dióxido de carbono a las tecnologías renovables en las emisiones totales del ciclo de vida, pero consumen materiales no renovables, pero sostenibles (uranio). El término energía baja en carbono también puede incluir energía que continúa utilizando los recursos naturales del mundo, como el gas natural y el carbón, pero solo cuando emplean técnicas que reducen las emisiones de dióxido de carbono de estas fuentes al quemarlas como

combustible, por ejemplo plantas piloto que realizan captura y almacenamiento de carbono (Morvaj, 2012).

Dado que el costo de reducir las emisiones en el sector de la electricidad parece ser más bajo que en otros sectores como el transporte, el sector de la electricidad puede generar las mayores reducciones proporcionales de carbono con una política climática económicamente eficiente (Morvaj, 2012). Las tecnologías para producir energía eléctrica con bajas emisiones de carbono se utilizan a diversas escalas. Juntos, representaron casi el 40% de la electricidad mundial en 2020, y la energía eólica y solar casi el 10% (Ember, 2021). El informe del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático de 2014 identifica que la energía nuclear, eólica, solar e hidroeléctrica en lugares adecuados como tecnologías que pueden proporcionar electricidad con menos del 5% del ciclo de vida de las emisiones de gases de efecto invernadero de la energía del carbón.

### **Atributos Diferenciadores de las Fuentes de Energía Bajas en Carbono**

Hay muchas opciones para reducir los niveles actuales de emisiones de carbono. Algunas opciones, como la energía eólica y la energía solar, producen bajas cantidades de emisiones de carbono del ciclo de vida total, utilizando fuentes totalmente renovables. Otras opciones, como la energía nuclear, producen una cantidad comparable de emisiones de dióxido de carbono a las tecnologías renovables en las emisiones totales del ciclo de vida, pero consumen materiales no renovables, pero sostenibles (uranio). El término energía baja en carbono también puede incluir energía que continúa utilizando los recursos naturales del mundo, como el gas natural y el carbón, pero solo cuando emplean técnicas que reducen las emisiones de dióxido de carbono de estas fuentes al quemarlas como

combustible, por ejemplo plantas piloto que realizan captura y almacenamiento de carbono (Morvaj, 2012).

Dado que el costo de reducir las emisiones en el sector de la electricidad parece ser más bajo que en otros sectores como el transporte, el sector de la electricidad puede generar las mayores reducciones proporcionales de carbono con una política climática económicamente eficiente (Morvaj, 2012). Las tecnologías para producir energía eléctrica con bajas emisiones de carbono se utilizan a diversas escalas. Juntos, representaron casi el 40% de la electricidad mundial en 2020, y la energía eólica y solar casi el 10% (Ember, 2021). El informe del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático de 2014 identifica que la energía nuclear, eólica, solar e hidroeléctrica en lugares adecuados como tecnologías que pueden proporcionar electricidad con menos del 5% del ciclo de vida de las emisiones de gases de efecto invernadero de la energía del carbón.

## **Captura y Almacenamiento de Carbono**

Cualquier enfoque integral para reducir sustancialmente los gases de efecto invernadero debe abordar la dependencia mundial del carbón para una cuarta parte de su demanda de energía, incluida casi la mitad de su demanda de electricidad. Para mantener el carbón en la combinación de energía del mundo en un futuro con limitaciones de carbono, se requeriría el desarrollo de tecnología para capturar y almacenar sus emisiones de dióxido de carbono. Esta situación sugiere a algunos que cualquier programa de reducción de gases de efecto invernadero se retrasará hasta que se haya demostrado dicha tecnología de captura de carbono. Sin embargo, la innovación tecnológica y las exigencias de un régimen de control de carbono están interrelacionadas; una política tecnológica no sustituye a la política medioambiental y debe desarrollarse en conjunto con ella.

Gran parte del debate sobre el desarrollo y la comercialización de la tecnología de captura de carbono se ha centrado en el papel de la investigación, el desarrollo y el despliegue (mecanismos de impulso de la tecnología) (Speight, 2013).

Sin embargo, para que la tecnología se comercialice por completo, también debe satisfacer una demanda del mercado, una demanda creada a través de un mecanismo de precios o un requisito regulatorio (mecanismos de atracción de la demanda). Cualquier tecnología de captura de carbono concebible para centrales eléctricas de carbón aumentará el costo de generación de electricidad de las plantas afectadas debido a las pérdidas de eficiencia. Por lo tanto, es probable que pocas empresas instalen dicha tecnología hasta que se les exija, ya sea por regulación o por un precio del carbono. Las industrias reguladas pueden encontrar a sus reguladores reacios a aceptar los riesgos y el costo de instalar tecnología que no se requiere (Speight, 2013).

## **El Papel de la Captura y el Almacenamiento de Carbono en la Carrera hacia la Neutralidad del Carbono**

La reducción de las emisiones existentes mediante el cambio a formas de energía más limpias sigue siendo necesaria, pero ya no es suficiente para mitigar el cambio climático. La mayor parte del calentamiento "seguro" ya se ha alcanzado en el sistema de variables termodinámicas de la Tierra, (Peridas & Mordick Schmidt, 2021) y la urgencia y gravedad del problema también exigen reducciones profundas en las emisiones de carbono mediante el uso de tecnologías de captura y almacenamiento de carbono (CCS) por sus siglas en inglés *capture and storage*, y también existen tecnologías y métodos para eliminar el CO<sub>2</sub> de la atmósfera (eliminación de dióxido de carbono o CDR por sus siglas en inglés

*carbon dioxide removal*). Estas tareas van más allá de la mitigación climática tradicional. Las tecnologías CDR permiten capturar CO<sub>2</sub> de grandes fuentes puntuales o de la atmósfera, transportarlo por camión, ferrocarril, barco o tubería y luego almacenarlo permanentemente bajo tierra (Peridas & Mordick Schmidt, 2021).

Los expertos analizan a profundidad varias facetas de la tecnología CCS y CDR como: su utilidad en la búsqueda de la descarbonización, su madurez y estado, las políticas necesarias para permitir un despliegue significativo en el sector energético, la conciencia del público sobre la tecnología, la necesidad de asimilar y abordar las sensibilidades de la justicia social y ambiental en su implementación, las necesidades de las ciencias sociales que pueden informar una implementación más fluida en la próxima década, el papel que puede desempeñar la CCS en el mantenimiento y la creación de empleos durante una transición lejos de los combustibles fósiles, y más.

## **El Conjunto de Usos de CCS y su Valor en la Cartera de Descarbonización**

Muchos perciben la CCS como una herramienta para reducir las emisiones en las centrales eléctricas de carbón. Esto se debe principalmente al hecho de que, el sector energético era responsable de la mayor parte de las emisiones y esas emisiones estaban dominadas por las instalaciones de carbón, es así que se fortalece la idea de descarbonizar la economía de los EE. UU, todo esto comenzó a cobrar mayor relevancia a mediados de la década de los 2000s. La idea de CCS se asoció con "carbón limpio", un término nebuloso que nunca se definió específicamente y que significaba cosas diferentes

en diferentes círculos. Sin embargo, las aplicaciones potenciales de la CCS van mucho más allá de la electricidad a base de carbón. De hecho, el primer uso de CCS en los EE. UU fue la captura de CO<sub>2</sub> de una instalación de procesamiento de gas natural, y ninguno de los doce proyectos comerciales de CCS que operan actualmente en los EE. UU. está en plantas de energía de carbón. Específicamente, la familia de tecnologías también se puede utilizar para (Peridas & Mordick Schmidt, 2021):

- Capturar y almacenar CO<sub>2</sub> de plantas de energía alimentadas con gas natural, ya sean de ciclo simple o combinado, o plantas combinadas de calor y energía;
- Capturar y almacenar el CO<sub>2</sub> generado en el proceso de elaboración de una amplia gama de importantes productos industriales, como hierro y acero, procesamiento de gas natural, cemento, metanol, etanol, fertilizantes, hidrógeno y otros químicos, combustibles o materias primas, y para los cuales hay pocos o no existen otras opciones de descarbonización;
- Ayudar a reducir las emisiones del sector del transporte y al mismo tiempo eliminar el CO<sub>2</sub> de la atmósfera utilizando biomasa residual que haya absorbido carbono durante su vida útil como materia prima y convirtiéndola en combustibles (por ejemplo, hidrógeno), mientras se captura el CO<sub>2</sub> producido y almacena ese CO<sub>2</sub> bajo tierra (conocido como Eliminación y Almacenamiento de Carbono de Biomasa, o BiCRS)
- Eliminar el CO<sub>2</sub> directamente de la atmósfera utilizando máquinas, en lo que se conoce como captura directa de aire (DAC), y almacenándolo permanentemente bajo tierra o convirtiéndolo en combustibles.

## ¿Dónde se encuentra la tecnología CCS hoy?

Aunque la perspectiva de capturar y almacenar de forma permanente carbono en la escala de miles de millones de toneladas anuales es relativamente reciente, las tecnologías que componen la CCS están establecidas. Aunque algunos de ellos se están refinando e innovando en la actualidad, muchos se han utilizado durante cinco décadas y están disponibles comercialmente con garantías de rendimiento adjuntas (Peridas & Mordick Schmidt, 2021).

Los sistemas de captura de carbono de primera generación están maduros. Sus principales deficiencias son su eficiencia inferior a la deseada y la falta de amplia experiencia en su integración como parte de una instalación compleja que también realiza otras tareas. Se están desarrollando activamente sistemas de captura de segunda y tercera generación que pueden capturar carbono de manera más eficiente y a un costo menor, y se esperan mejoras significativas, como suele ser el caso de las tecnologías que están listas para implementarse a escalas menores, pero que aún no han alcanzado esa madurez para alcanzar escalas de mayor magnitud. El transporte de CO<sub>2</sub> por tuberías es una tecnología completamente madura y, en la actualidad, más de 5,000 millas de tuberías de CO<sub>2</sub> dedicadas mueven este recurso en los EE. UU. El transporte por camión, ferrocarril o barco se basa en tanques estandarizados, que se utilizan comúnmente para transportar CO<sub>2</sub> para su uso en bebidas carbonatadas. El desafío de transportar grandes cantidades de CO<sub>2</sub> no es tecnológico, sino de ubicar y ampliar la infraestructura con la suficiente rapidez, incluidos los procesos de negociación de servidumbre legal de paso, la concesión de permisos y, en algunos casos, la oposición pública (Peridas & Mordick Schmidt, 2021).

El almacenamiento subterráneo de CO<sub>2</sub> y otros fluidos se ha practicado durante décadas. Cuando se ubica y opera correctamente,

es un proceso seguro que imita lo más fielmente posible la forma en que la naturaleza ha almacenado agua, petróleo, gas y otros fluidos bajo tierra durante cientos de millones de años. El historial de décadas de almacenamiento de CO<sub>2</sub> diseñado es positivo. Como sería de esperar con cualquier proceso industrial, se han producido problemas ocasionales en una pequeña minoría de proyectos, pero las consecuencias hasta la fecha han sido mínimas y estas experiencias han proporcionado valiosos resultados.

A medida que crece el número de proyectos de almacenamiento de carbono para satisfacer las demandas de detener el cambio climático, se aplican esas lecciones, y se garantiza la caracterización y selección del sitio geológico de manera diligente (Peridas & Mordick Schmidt, 2021).

El monitoreo, la habilidad adecuada por parte del desarrollador del proyecto y la supervisión regulatoria por parte del gobierno se han optimizado en esta última década, estos procesos son fundamentales para reducir los riesgos a niveles muy bajos. De hecho, durante la última década, se han redactado y adoptado una serie de nuevos conjuntos de reglamentaciones especialmente diseñadas para el almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub>.

Estas regulaciones son muy extensas, redactadas teniendo en cuenta la precaución y la prevención, y se han basado en los aprendizajes y las fallas del campo de la regulación del petróleo y el gas durante muchas décadas. El nivel de escrutinio también es extremadamente alto, y hasta la fecha solo se han emitido unos pocos permisos o aprobaciones en algunos países como Estados Unidos (en comparación con muchos miles de pozos permitidos anualmente en los estados productores de petróleo y gas) (Peridas & Mordick Schmidt, 2021).

## El Camino hacia una Implementación de CCS más Amplia

Desde el punto de vista de la competitividad económica, capturar, transportar y almacenar CO<sub>2</sub> es casi siempre más caro que simplemente ventilarlo a la atmósfera. Las excepciones incluyen aplicaciones en las que el CO<sub>2</sub> tiene valor económico como producto (por ejemplo, para su uso en bebidas carbonatadas) o se utiliza para apoyar otra actividad económica (por ejemplo, recuperación mejorada de petróleo). En la mayoría de los casos, sin embargo, se necesitarán tanto instrumentos de política como reducciones de costos en la CCS para que la tecnología esté más extendida. Como tal, tanto los gobiernos como quienes afectan sus acciones (corporaciones y defensores) tienen la mayor responsabilidad por el futuro de la tecnología (Peridas & Mordick Schmidt, 2021).

El valor de décadas de experiencia en el sector de las energías renovables también ha apuntado a una receta que funciona para comercializar tecnologías que tienen potencial, pero que sufren un despliegue limitado. En pocas palabras, lo que se requiere es una superposición de múltiples instrumentos de política que impulsen y tiren de la tecnología: incentivos económicos que sean suficientes, predecibles y duraderos, combinados con mandatos y objetivos vinculantes para el despliegue de la tecnología, CCS no es una excepción. En América del Norte, que se ha convertido en el líder mundial en el despliegue de CCS en la última década, los gobiernos han puesto en marcha algunos de los incentivos necesarios, lo que ha provocado una ola de desarrollo de proyectos. Sin embargo, la estructura y el nivel de financiamiento de estos incentivos aún son inadecuados para estimular un despliegue amplio, y la elegibilidad no siempre cubre la totalidad de los tipos de proyectos que se necesitan en la carrera climática. Como tal, ciertas aplicaciones, por lo general en el extremo superior de la curva de costos, aún no tienen una ruta de implementación. Además, existen pocos objetivos o

mandatos específicos, si es que existen, para capturar o eliminar carbono. Esto contrasta fuertemente con una multitud de estándares de cartera renovable que han sido responsables, junto con los créditos fiscales del aumento considerable de la generación renovable en los últimos años (Peridas & Mordick Schmidt, 2021).

## **Percepción Pública de la CCS**

CCS tiene la distinción algo inusual de ser una tecnología establecida que el público en general desconoce. La investigación en ciencias sociales muestra que las personas seleccionadas para participar en estudios a menudo no habían oído hablar de ella antes de ser entrevistadas. Existe un cuerpo de investigación en ciencias sociales sobre CCS que hasta cierto punto se ha subutilizado, pero que también está desactualizado por varias razones y también puede que ya no sea relevante para la forma en que CCS sería ser desplegado hoy. La política pública todavía está diseñada en torno a percepciones obsoletas de la CCS (Peridas & Mordick Schmidt, 2021).

El apoyo o la oposición del público a la CCS podría ser un factor significativo para que los proyectos avancen o no y, de hecho, la falta de conciencia o aceptación social probablemente haya jugado algún papel en la lenta adopción de la CCS hasta la fecha: ya sea directamente en la ubicación de proyectos específicos, o indirectamente debido a la división percibida de la opinión pública cuando se trata de adoptar políticas gubernamentales de apoyo. Es posible que se puedan aprender lecciones en la construcción de la aceptación pública del despliegue de otras tecnologías de energía limpia o climáticas; sin embargo, la CCS también se diferencia de estas otras soluciones climáticas en que algunas aplicaciones de la tecnología no son renovables, lo que algunos consideran motivo de oposición (Peridas & Mordick Schmidt, 2021).

La aceptación pública, y más específicamente la aceptación de las comunidades en las que se ubicarán los proyectos, comunidades que pueden estar enfrentando muchas presiones ambientales y socioeconómicas hoy y durante el cambio a una economía baja en carbono, será fundamental para cumplir los objetivos climáticos y asegurar el papel de CCS en esa transición.

## **La Justicia Ambiental y las Implicaciones de la CCS en la Fuerza Laboral**

Dos fuerzas más afectan el potencial para el despliegue de CCS: preocupaciones de justicia ambiental y preocupaciones sobre el futuro de la fuerza laboral actualmente empleada en las industrias de combustibles fósiles y relacionadas bajo escenarios de descarbonización profunda. La Agencia de Protección Ambiental de EE. UU define la justicia ambiental (EJ por sus siglas en inglés *Environmental Justice*) como “el trato justo y la participación significativa de todas las personas independientemente de su raza, color, nacionalidad o ingresos con respecto al desarrollo, implementación y cumplimiento de las leyes, regulaciones y políticas ambientales” (Peridas & Mordick Schmidt, 2021).

El movimiento EJ tiene sus raíces en la desafortunada realidad de que un subconjunto de personas ha sufrido crónicamente los efectos nocivos de la actividad industrial y la contaminación, y que estas personas son a menudo de bajos ingresos y/o personas de color. Los efectos sobre la salud de vivir en las proximidades de grandes instalaciones industriales están bien documentados. La contaminación del aire suele estar en el primer plano de las preocupaciones de EJ, y las leyes federales y estatales aplicables y su implementación no han logrado proteger a estas comunidades vulnerables. Ha faltado la voluntad política para rectificar la situación. El enfoque de EJ para la acción climática está

indudablemente moldeado por esta experiencia vivida. Los miembros de la comunidad de EJ expresan regularmente su oposición a la CCS, a menudo con el argumento de que perpetúa las industrias contaminantes. Por ejemplo, la Alianza por la Justicia Climática ha caracterizado a CCS y CDR como técnicas de "geoingeniería" promovidas por "Big Oil", afirmando que "la captura de carbon es promovida por la industria de combustibles fósiles para evitar la transición necesaria a productos limpios, renovables, energía controlada democráticamente " (Peridas & Mordick Schmidt, 2021).

**Referencias:**

*Carrillo, E. (2021, July 14). AMLO busca con reforma eléctrica el 54% del mercado para la CFE. Forbes, 3. <https://www.forbes.com.mx/amlo-reforma-electrica-54-mercado-cfe/>*

*Goodall, C. (2008). Ten Technologies To Save the Planet (N. M. Iva Cheung, Ingird Paulson (ed.); First). Ltd., Profile Books.*

*Morvaj, Z. (2012). Energy Efficiency – a Bridge to low carbon economy (First). InTech.*

*Peridas, G., & Mordick Schmidt, B. (2021). The role of carbon capture and storage in the race to carbon neutrality. The Electricity Journal, 34(7), 106996. <https://doi.org/10.1016/j.tej.2021.106996>*

*Speight, J. G. (2013). Coal-Fired Power Generation Handbook. In Choice Reviews Online. Scrivener Publishing - Wiley. <https://doi.org/10.5860/choice.51-2108>*