

11

Introducción: el subsuelo como recurso esencial y estratégico

EL cambio climático, impulsado por las emisiones masivas de gases de efecto invernadero, es un desafío global con impactos directos en la salud pública, la seguridad energética, la estabilidad económica y el bienestar social. Los informes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) reiteran con urgencia la necesidad de tomar medidas inmediatas y profundas para limitar el calentamiento global a 1,5 °C y mitigar así los efectos más graves del cambio climático. Sin embargo, pese a décadas de alertas científicas, las emisiones globales siguen en aumento y los eventos excepcionales, como la pandemia de la COVID-19, apenas han logrado reducciones temporales.

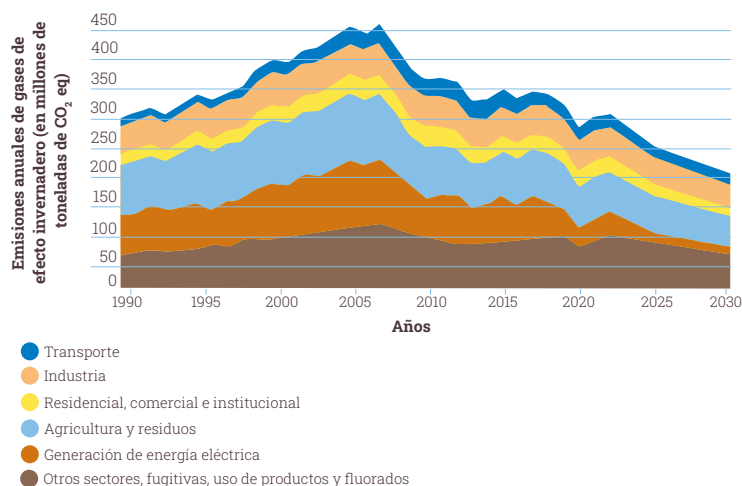
En respuesta a esta problemática, la Unión Europea puso en marcha en 2019 el Pacto Verde Europeo (European Green Deal), una hoja de ruta estratégica que marca el rumbo hacia la neutralidad climática en 2050. Posteriormente, en 2021, lanzó el paquete legislativo Objetivo 55 (Fit for 55), diseñado para garantizar la reducción de al menos un 55 % de las emisiones netas de gases de efecto invernadero para 2030 respecto a los niveles de 1990. Ambos instrumentos configuran un marco político y regulatorio ambicioso orientado a alcanzar la neutralidad climática mediante medidas integradas que combinan electrificación, eficiencia energética, despliegue masivo de energías renovables, impulso de la economía circular y soluciones basadas en la naturaleza.

España, alineada con estos compromisos europeos, estableció en su Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2023-2030 (PNIEC) el objetivo de reducir un 32 % sus emisiones de gases de efecto invernadero para 2030 respecto a los niveles de 1990, propósito que se encuentra en revisión para ajustarse al Objetivo 55 y aumentar la ambición climática nacional.

Actualmente, tres cuartas partes de las emisiones de gases de efecto invernadero en España proceden del consumo energético (generación de electricidad, transporte, industria y climatización), lo que convierte su descarbonización en el eje principal de la estrategia climática nacional. El PNIEC apuesta sobre todo por una combinación de la electrificación de los consumos, mejoras en eficiencia energética y el despliegue masivo de energías renovables, como la solar fotovoltaica y la eólica.



Figura 1 Objetivo de reducción de emisiones brutas de GEI a 195,2 MtCO₂ eq en 2030, según el PNIEC



Estas medidas ya han permitido avances relevantes en la descarbonización del sector energético, pero al mismo tiempo han sacado a la luz desafíos estructurales cada vez más evidentes. Por ejemplo, las tecnologías renovables más maduras, como la solar fotovoltaica y la eólica, compiten directamente por el uso del territorio con otros intereses (agrícolas, urbanos o de conservación de espacios naturales protegidos), y esto genera conflictos sociales, ambientales y políticos que dificultan y ralentizan su expansión a gran escala. Además, su producción energética depende de recursos naturales variables como la radiación solar y el viento, lo que introduce una marcada intermitencia y estacionalidad en la generación eléctrica. Sin mecanismos adecuados de respaldo y almacenamiento, esta variabilidad supone un riesgo real para la estabilidad del sistema eléctrico.

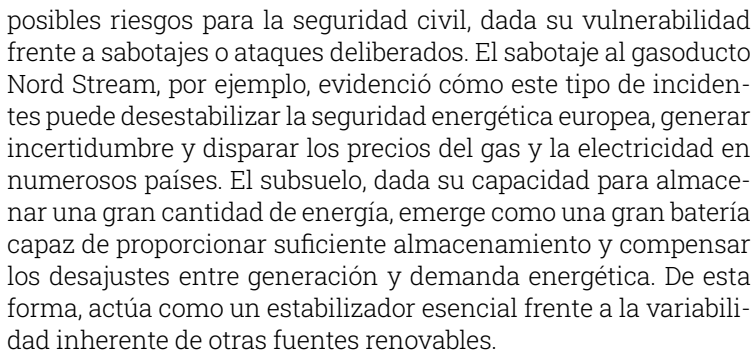
Para cumplir con los objetivos de neutralidad climática en 2050, es necesario reducir de forma drástica y sostenida las emisiones globales en las próximas décadas. Alcanzar las emisiones netas nulas no es trivial y requerirá que el sistema energético del futuro disponga de una combinación flexible de tecnologías que actúen de manera sinérgica. La electrificación, el almacenamiento de energía y la transformación de la demanda tendrán que convivir en un modelo más descentralizado y resiliente. Además, la captura y el almacenamiento de CO₂ de aquellas emisiones ajenas al sistema energético contribuirán a la reducción final de las emisiones de gases de efecto invernadero. En este contexto, **el subsuelo puede ofrecer capacidades únicas para cubrir funciones críticas del sistema que las infraestructuras en superficie no pueden asumir** por completo.

El subsuelo, históricamente explotado para la extracción de recursos como el petróleo, el gas o los minerales, debe convertirse en un recurso estratégico al servicio de la transición. Este cambio de paradigma —**del subsuelo como recurso extractivo a soporte activo del sistema descarbonizado**— redefine su papel en el futuro climático neutro. En concreto, el subsuelo ofrece cuatro grandes aplicaciones —que se explican en detalle en los siguientes apartados— con un potencial relevante en la lucha contra el cambio climático.

Por un lado, la **energía geotérmica**, fuente renovable constante proveniente del interior de la Tierra y, por lo tanto, independiente del clima, destaca por su fiabilidad y su capacidad para aportar estabilidad al sistema energético. Además, la energía geotérmica ofrece un amplio abanico de aplicaciones, desde la climatización de edificios hasta la generación de electricidad limpia, pasando por el almacenamiento subterráneo de energía en forma de calor.

Por otro lado, el **almacenamiento energético** se convierte en una pieza clave para garantizar la seguridad del suministro de energía. Sin embargo, las soluciones actuales en superficie —como baterías, tanques o almacenamiento en redes de tuberías— tienen limitaciones considerables en términos de volumen y presentan

Emisiones de GEI en la UE en el periodo 2015-2050 y contribución de las tecnologías del subsuelo





El uso de la capacidad del subsuelo como almacén seguro debe formar parte inevitable de la estrategia de neutralidad climática, tanto para almacenamiento de energía como para aquellas emisiones procedentes de la industria que no se pueden evitar, ya sea porque se producen en el propio proceso con independencia del combustible utilizado o porque se requieren temperaturas inalcanzables para la electrificación. Es el caso de sectores industriales básicos de la economía española como el del cemento, el acero o la química. Estas industrias, denominadas *de difícil abatimiento*, necesitan soluciones específicas para estas emisiones condicionadas por el propio proceso, como es la **captura y el almacenamiento geológico de carbono**, ya que su peso en el balance nacional de emisiones hace imprescindible su participación activa en las estrategias de descarbonización.

Por último, a todos estos retos se suma la necesidad de actuar sobre el legado histórico de emisiones acumuladas. El volumen de gases de efecto invernadero ya emitidos es tan alto que no basta reducir solo las emisiones futuras para cumplir los objetivos climáticos. Aun aplicando medidas estrictas de reducción, todavía existe el riesgo de superar temporalmente los límites seguros de temperatura global fijados en el Acuerdo de París, lo que supone impactos climáticos severos. Por ello, será indispensable desarrollar tecnologías **de extracción neta de carbono**, capaces de extraer de la atmósfera el carbono ya emitido con el fin de reducir las concentraciones de gases de efecto invernadero y restablecer condiciones climáticas seguras.