
12. ALMACENAMIENTO DE CO₂ POR SILVICULTURA Y POR CAPTURA DE CO₂ (CCS)

En el Capítulo 8 se presentaron tres estudios de caso en Casanare y Arauca donde la pérdida de cobertura vegetal está teniendo repercusiones sobre la biodiversidad y el agua. En las últimas décadas, esos cambios han sido significativos en varios sectores, lo que hace que la Orinoquía sea una de las principales zonas con más pérdida de bosque.

Esa carencia de cobertura vegetal ha incrementado la erosión de los suelos y ha afectado los lechos de los ríos y los flujos del agua, tanto superficial como subterránea, por lo que se hace necesario la delimitación y recuperación de los mismos.

Se dice que el país deforesta 611 hectáreas de bosque por día y con ellos, la flora y la fauna que estos hospedan. Aunque ese detrimento de bosques es algo que como país se sospecha o se sabe, siempre se plantea la pregunta de cómo detenerlo (Revista Semana, 2021). A nivel global, se refleja en el aumento de las emisiones del CO₂ por descomposición o quema de la madera y en la disminución del oxígeno que genera ese bosque.

A continuación, se presentan algunos argumentos y acciones concretas sobre cómo podríamos almacenar los gases de efecto invernadero (GEI), y la importancia de las mismas con relación a: la preservación del agua, la generación de oxígeno para balancear la generación de CO₂, y el control del cambio climático mediante la preservación de los bosques.

De otro lado, en la segunda parte se presenta una síntesis de argumentos de cómo la Orinoquía es el lugar ideal en Colombia para almacenar o capturar CO₂ en el subsuelo y evitar que se vaya a la atmósfera como GEI.

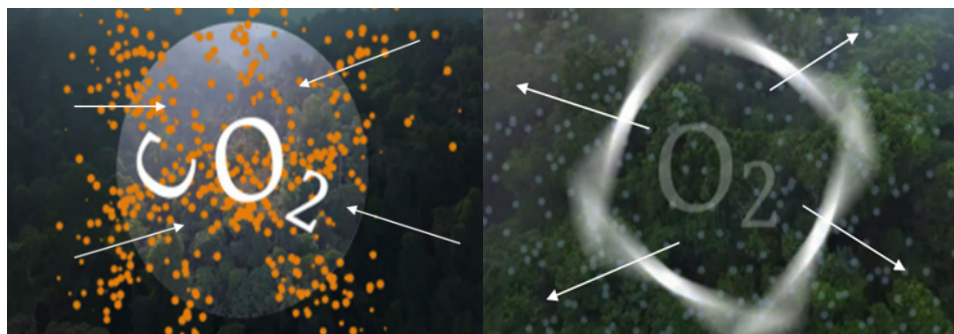
12.1 Almacenamiento de CO₂ y agua por los bosques (silvicultura)

Según la FAO que es la oficina de Naciones Unidas encargada de la alimentación y la agricultura, un bosque es un terreno de más de 1 hectárea donde más del 10% es cobertura arbórea (FAO, 2021).

El bosque provee sombra por las partes superiores y en las partes inferiores protege al terreno de la erosión eólica e hídrica. Cada hectárea de bosque almacena en promedio 10 toneladas de CO₂ y produce mucho oxígeno y agua en forma de vapor que después se incorpora a las nubes (Figura 61).

Figura 61

Los árboles almacenan CO₂ y producen oxígeno (O₂)



En relación con el agua, el bosque almacena y filtra este recurso dependiendo de las especies y del tamaño de los árboles. En general, mientras más grande sea el árbol, más agua almacena para liberarla posteriormente por las raíces y por la hojas; a los árboles que almacenan más agua, los campesinos los conocen como nacederos (Figura 62).

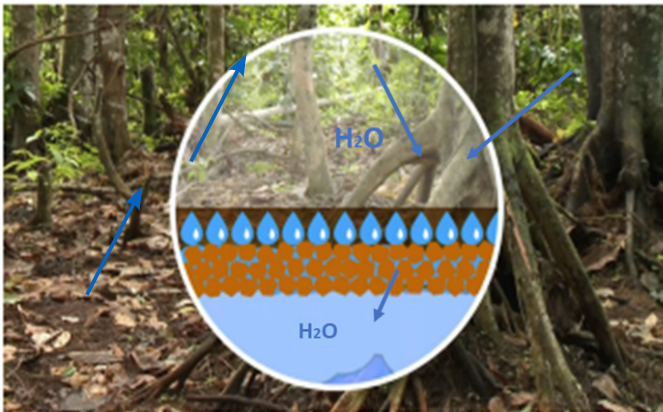
Económicamente muchas personas viven de los servicios ecosistémicos del bosque, de la madera y de muchos otros productos que proveen como alimentos, medicinas y compuestos químicos.

Adicionalmente, los bosques, particularmente, los antiguos, proveen gran biodiversidad y almacenamiento de gases de efecto invernadero.

Por lo anterior, es mucho lo que está en juego con la preservación de los mismos. Si son tan importantes, ¿Por qué nos estamos ensañando contra ellos?

Figura 62

Los bosques almacenan y filtran al agua, para luego liberarla en épocas secas



Para responder dicha pregunta vamos a examinar diferentes perspectivas. Según Manuel Rodríguez, exministro del medio ambiente “se requiere voluntad política”, ya que la deforestación es de complejidad global y es posible frenarla con institucionalidad. El profesor Rodríguez culpa a grandes empresas criminales que buscan deforestar grandes áreas y crear grandes predios.

El país no solamente debe tomar conciencia de las consecuencias de la pérdida del bosque y del impacto para la economía del país, sino también, movilizarse y generar más diálogo entre las instituciones y la comunidad.

Parece que nos limitamos a dar la voz de alerta con la cantidad de hectáreas arrasadas, pero no profundizamos en la fauna y el suelo que se pierde, en las relaciones ecosistémicas que quedan destruidas, al igual que la cultura acumulada de las colectividades que se pierde. Es obligación de las universidades y de las instituciones científicas recolectar y presentar dicha información.

Otro argumento es que nos detenemos en la retórica y no asignamos los recursos necesarios, para que junto con la institucionalidad se tenga dinero suficiente. La creación y aumento de los parques nacionales y de áreas de reserva son una buena señal en Colombia y con esto la asignación de guarda parques y guardabosques, quienes no solo protegen los bosques, sino también ayudan a crear conciencia ambiental. A lo anterior es necesario sumarles nuevas tecnologías como cámaras, drones e imágenes satelitales que nos pueden ayudar a hacerle el seguimiento a la salud y desarrollo de los bosques.

Otro de los desafíos de los bosques más antiguos y densos del país es la lejanía, por lo tanto, vemos a los bosques como algo remoto y salvaje, y en ocasiones hostil. El Estado mismo no ejerce la presencia debida en dichas regiones y, por lo tanto, están fuera del alcance de la ley.

Los planes de las instituciones del Estado y las diferentes instituciones no son coordinados y en ocasiones contradictorios. Por ejemplo, en el pasado se prestaba dinero solo para ganadería y eso si el terreno estaba despejado (bosque talado) (Figura 63).

Figura 63

Tala de bosques para ganadería (creación de potreros)



Nota. Revista Semana (2021)

Para algunos ambientalistas, la deforestación es el primer problema del país y el mayor generador de GEI (gases de efecto invernadero) que causan el calentamiento global. Insisten que se necesita que los pequeños productores desarrollen proyectos productivos silvopastoriles y que comprendan que reforestar puede ser productivo.

Para otros, el problema también puede ser institucional, ya que es evidente la relación entre construcciones viales, presencia militar y compras de tierras por tenedores o terceros. Una manera de contrarrestar este efecto es lograr un trabajo mancomunado con las federaciones de cultivadores de palma, arroz, etc., y con los ganaderos para que entiendan la problemática de la pérdida del bosque y puedan ayudar a identificar los desarrollos ilegales que están arrasando los bosques.

En los últimos años se han creado parques nacionales en zonas boscosas de la Amazonía y la Orinoquía como una manera de preservar el bosque, pero no se tienen metas específicas para cada parque, además de decir que no se va a permitir la deforestación. Así que, visto desde el exterior, la pérdida incontrolada de los bosques no es otra cosa que un síntoma de ausencia de soberanía del Estado, por lo que se debe promover la afinidad y el acompañamiento de la ciudadanía local y nacional sobre los desafíos de la deforestación y las iniciativas para refrenarla y reducirla (Semana, 2021).

A nivel mundial, el ser humano está devastando los bosques aceleradamente, al hacerlo, se libera todavía más CO₂ a la atmósfera del planeta, lo cual afecta los regímenes de lluvia, se disminuye la biodiversidad, dicha situación obliga y arrincona a los pueblos nativos que han habitado esos territorios durante siglos y, simultáneamente, se elimina para siempre especies de animales y plantas que la ciencia no ha podido siquiera conocer.

El ser humano, como especie dominante, destruye animales y árboles antes de haber sido descubiertos por primera vez y asombrarse

con ellos. Los artrópodos o insectos, específicamente las abejas, principio de la cadena alimentaria de casi todos los seres vivos, están desapareciendo con consecuencias pavorosas y complejas de predecir.

Una manera de mitigar la devastación que el mismo hombre ha causado por su ambición desmedida, y en el caso específico de la Orinoquía que tiene una vocación ganadera tan marcada, consiste en sembrar más árboles en los potreros; y a pesar de la disminución del número de reses por hectárea, se ganaría en preservación del agua, en adición de materia orgánica al suelo por el aporte de las hojas, así como, en sombrío y reducción de la temperatura que en época seca puede llegar a estresar al ganado mismo.

Este método de criar hatos en zonas semiboscosas también conocido como ganadería silvopastoril podría tener múltiples beneficios, particularmente en la reducción de temperatura y en la captación de carbono que serán de los mayores desafíos de la región frente a los cambios climáticos (en el Capítulo 9 se amplía el tema de la ganadería silvopastoril).

Existen dos tipos de bosques asociados con la sabana que sirven de referencia: 1) **el Saladillal** que es un tipo de sabana con altos árboles (ver Capítulos 9 y 11) 2) **Las matas de monte** que son pequeñas islas de bosque, casi perfectamente circulares, que se forman gracias al trabajo constante de las hormigas arrieras en las sabanas, y al proceso ecológico de sucesión y adición de nutrientes con el que se inicia la conformación de bosques incipientes. El mantenimiento y restitución de los bosques, en el piedemonte, sería parte de corredores biológicos que ayudarán a la preservación de la fauna silvestre.

12.2 Captura y almacenamiento de CO₂ en el subsuelo (CCS)

A lo largo del libro, se ha recordado que las cantidades de CO₂ (dióxido de carbono) emitidos a la atmósfera están incrementándose exageradamente, y si esas emisiones no se reducen, el planeta seguirá sintiendo las crecientes consecuencias del cambio climático (Mariño y Chanci, 2020).

La captura y almacenamiento en trampas geológicas de CO₂ previene que enormes cantidades de este gas se escapen a engrosar la atmósfera y, por lo tanto, a aumentar el calentamiento global. En el subcapítulo anterior se recordó lo fundamental de los bosques en el almacenamiento de CO₂ de manera segura y natural.

A continuación se presentan los principios básicos de la tecnología para la captura del CO₂ en el subsuelo o CCS (Carbón Capture and Storage) generado por carboeléctricas fábricas industriales, y la compresión del gas para su conducción e inyección en formaciones rocosas profundas en el subsuelo en un lugar que previamente ha sido catalogado como seguro, donde el GEI se almacenaría de manera permanente (Consoli et al., 2017).

En este Capítulo, además de presentar el estado del arte sobre CCS, también se sustenta porque las rocas sedimentarias horizontalizadas que yacen debajo de las sabanas de la Orinoquía presentan condiciones favorables para capturar y almacenar el CO₂.

Según Mariño y Moreno (2018), el CCS es un procedimiento que se enfoca en separar el CO₂ emitido por la industria manufacturera y la energética, su posterior envío a un sitio de almacenamiento y su reclusión de la atmósfera a un largo tiempo. El CO₂ subsiste en la atmósfera por varias décadas y es asimilado poco a poco por los sumideros de la naturaleza que almacenan el CO₂ por un período indeterminado (Bennaceur et al., 2004).

La captura y almacenamiento incluye el uso de *know-how*, en primera instancia, para capturar el CO₂ generado en las generadoras industriales y afines con la energía; después, trasladarlo a un lugar de almacenamiento adecuado, y finalmente, acumularlo y aislarlo de la atmósfera por un largo tiempo. En esta forma, la captura y almacenamiento permitiría que se usen los combustibles fósiles generando mínimas o nulas emisiones de gases de efecto invernadero (Bachu, 2000).

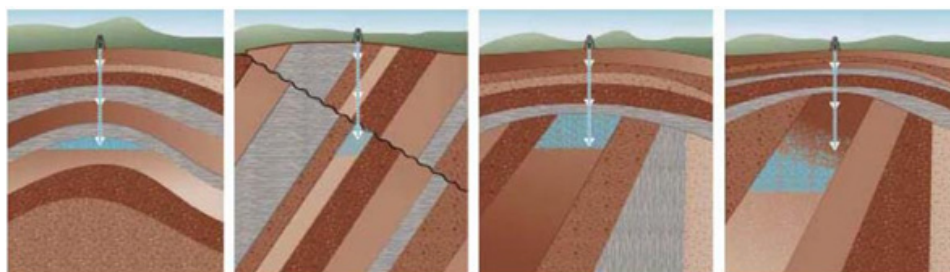
De todas las posibilidades de almacenamiento geológico consideradas en su investigación, Mariño y Moreno reconocen que: “las trampas geológicas estructurales y estratigráficas muestra las mejores condiciones por el porcentaje de captación y por el breve tiempo de introducción en las rocas. Para que se forme una trampa geológica hace falta un sistema geométrico que capture y mantenga el CO₂ impidiendo su posterior escape”.

Esas estructuras geológicas se les llama trampas (Figura 64). Para calcular el volumen poroso de las trampas o roca con posibilidades para almacenar el CO₂, se hace el cómputo recordando las variables mencionadas con anterioridad, a través de la siguiente ecuación:

“Volumen poroso total = Área * Espesor * Porosidad de la roca”

Figura 64

Cuatro formas diferentes de entrapamiento geológico



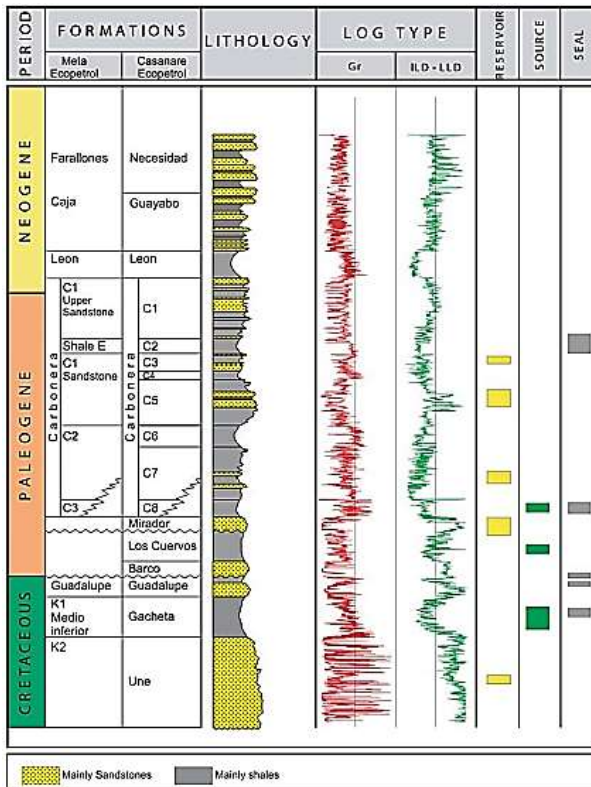
Nota. A. Estructural (a través del eje de un anticlinal); B. Estructural (aislado por una falla); C. Estratigráfico (aislado por una discordancia); D. Estratigráfico (aislado por el cambio lateral de tipo de roca y de permeabilidad). Mariño y Moreno (2018)

Después de examinar las diferentes cuencas de Colombia, se concluyó que la Cuenca Llanos Orientales ofrece las condiciones más favorables por su baja complejidad y fracturamiento tectónico comparado con otras como la Cordillera Oriental.

Al respecto Mariño y Moreno (2018) expresan que, de todas las formaciones en la cuenca Llanos, la Formación Carbonera es la más propicia para CCS porque posee intercalaciones arenosas que no están siendo manipuladas (niveles C1, C3, C5 y C7) y que podrían ser propicias como formación almacén por su volumen de almacenamiento en un proyecto en ciernes de captura de CO₂ (Figura 65). Lo sugerido, debe desarrollarse a partir de investigaciones minuciosas de caracterización de la Formación Carbonera, o de otras formaciones con características similares.

Figura 65

Columna estratigráfica que muestra las rocas a profundidad de la Cuenca Llanos



Nota. Adaptada de ANH (2012)

Adicionalmente, la Formación Carbonera está localizada a profundidades mayores que los acuíferos con potencial y que los miembros arenosos donde se almacenaría los GEI están supra yacidos por formaciones rocosas de carácter arcilloso que formarían aislantes hidráulicos o sellos (niveles C2, C4, C6 y C7); adicionalmente, toda la formación está recubierta por el sello regional de la Formación León.

Las rocas arcillosas mencionadas, soportarían el aislamiento natural de la zona de disposición de los gases de efecto invernadero y evitarían su fuga; de esta forma, se garantizaría la no afectación a los acuíferos más cercanos a la superficie en las formaciones Guayabo (Caja) y Necesidad y en los acuíferos libres cuaternarios (Figura 65).

En los miembros arenosos de la Formación Carbonera, se encontró que las porosidades y las permeabilidades se observan más o menos constantes y que están dentro de los límites de las formaciones rocosas en el que se han adelantado proyectos de captación y almacenamiento de CO₂; por lo tanto, se llega a la conclusión que los miembros de dicha formación presentan las características petrofísicas adecuadas para que los GEI penetren y se almacenen en la roca sin causar daño en la formación (Mariño y Moreno, 2018).

12.3 Conclusiones

La captura y almacenamiento de CO₂ es una de las mejores opciones de sacar de la atmósfera los GEI producto de la quema de hidrocarburos. La opción más económica y práctica es la preservación y siembra de bosques, en este sentido, la Orinoquía cuenta con abundantes tierras y generosas lluvias para restaurar e incrementar los bosques existentes.

Otra manera de capturar el CO₂ es mediante el método CCS que capta y almacena GEI en el subsuelo; aunque, se sabe que en Colombia aún no existe una reglamentación del estado acerca de las normas sobre las tecnologías utilizadas para su captación, seguramente en un futuro cercano las tendremos a medida que esas investigaciones y desarrollos se experimentan y refinan a nivel

global con proyectos pioneros; por lo que espera que, finalmente dichos hallazgos serán implementadas con técnicas confiables.

A pesar de que en Colombia aún no existe una amplia investigación en progreso sobre las posibilidades de captura y almacenamiento de GEI. En América Latina, es uno de los países con mayor factibilidad de aplicación del CCS; en primer lugar, por las grandes reservas de carbón, petróleo y gas, que son los hidrocarburos donde más se han considerado posibilidades de almacenamiento, y donde más se han desarrollado las tecnologías actuales sobre captura de gases. En segundo lugar, por los progresos que se han tenido en el país en las metodologías de reinyección.

La madurez de la Cuenca Llanos y su tranquila evolución tectónica, así como las características estratigráficas y petrofísicas, llevan a concluir que la Formación Carbonera presenta las características para captar monóxido de carbono (CO₂) y otros GEI. Los miembros arenosos impares de esta formación y más concretamente C1 y C7, son las areniscas más apropiadas para la investigación del método CCS.

Un proyecto con posibilidades, contendría la acertada combinación tecnológica de la captura de CO₂, el transporte del gas, la trampa geológica adecuada de almacenamiento, el conjunto de técnicas de acopio y la proximidad a una fuente emisora de CO₂, que puede ser una central eléctrica de carbón productora de energía.

En los últimos años el método CCS ha evolucionado a CCUS o captura almacenamiento y uso del CO₂, ya que este se inyecta en el subsuelo, no solamente se almacena parcialmente, sino también se puede utilizar para “empujar” los hidrocarburos que no se han podido sacar por métodos convencionales, como parte de una técnica conocida como recuperación secundaria (EOR). En esta forma, el CO₂ se atrapa en el subsuelo y se usa para sacar petróleo y gas que de otra forma permanecerían enterrados en campos agotados.

