

Estudio de Investigación TERRA - La tecnología como elemento de generación de valor para las SNC de Ecopetrol

V02 – octubre de 2023

1. Introducción

Las Soluciones Naturales del Clima -SNC-, además de su potencial para la descarbonización y de generación de valor en la construcción de capital natural, presentan también retos en conocimiento y caracterización de sistemas ecológicos.

Para ello, es necesario reducir el grado de incertidumbre en temáticas como la captura real de CO₂, los servicios ecosistémicos detrás de las SNC y procesos escalables en bioeconomía, que permitan mejorar la sostenibilidad de las SNC. A través de la tecnología se identifican oportunidades para reducir esta incertidumbre y la generación de conocimiento de alta calidad para el escalado de las SNC en Colombia.

En el presente resumen técnico, se presenta a alto nivel los frentes de tecnología asociados al proyecto de Investigación TERRA.

2. Estaciones de monitoreo de carbono Eddy-Covariance¹:

Tecnología equipada con sensores de alta precisión de metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) y agua, junto con instrumentación detallada de variables ecológicas y climáticas del entorno, como radiación solar, turbulencia de vientos, meteorología detallada, variables del suelo, entre otras. Esta tecnología se utiliza para establecer flujos o dinámicas de fijación, o liberación de GEI (gases de efecto invernadero), de un ecosistema de estudio, ya sea un sistema ecológico natural, o de tipo agroindustrial (ver Ilustración 1).



Ilustración 1. Torres Eddy-Covariance – (1) Páramo del Almorzadero, Santander- Observación de páramos y turberas. (2) Ciénaga Zapatosa, monitoreo de humedales.

Ecopetrol incorpora a sus capacidades de investigación, y del país, siete estaciones de monitoreo de carbono con base en la tecnología Eddy-covariance. Las cuales, a la fecha de este documento, están localizadas en: (1) Páramo del Almorzadero, Santander; (2) El Cocuy, Boyacá (ecost. turberas de alta montaña); (3) Ciénaga de la Zapatosa, César (humedales, proyecto VPHSE-GSS FunNatura); (4) Manglares del Caribe, San Antero, Córdoba; (5) Manglares, Refinería de Cartagena (estación de prueba de tecnología).

Aproximadamente para finales del 2023 se espera instalar dos estaciones de monitoreo de carbono adicionales: (6) Serranía de los Yariguíes, Santander (ecost. Bosques húmedo andino); (7) Llanos Orientales (ecost. Sistemas agrícolas para la fijación de carbono).

Uno de los logros importantes del año 2023, es la puesta en marcha de esta red de estaciones de monitoreo de carbono, colocando a Ecopetrol, y al País, en vanguardia en el panorama tecnológico mundial.

Escala TRL de la Tecnología¹: 9. A pesar de la alta madurez de la tecnología Eddy-Covariance para modelación de CO₂, el monitoreo de flujos de captura y emisión de GEI en ecosistemas tropicales es aún frontera de desarrollo.

¹ La tecnología se llama "Covariance", debido al modelo de caracterización multidireccional de vientos, de tipo covarianza, clave para la modelación de

dinámicas de CO₂, y en general, de fijación, o liberación, de distintos gases de efecto invernadero.

Más información:

- Multimedia: [Resumen técnico sobre la tecnología Eddie-Covariance.](#)
- Crónicas de Investigación: [Visita a la estación de monitoreo de carbono, Páramo del Almorzadero.](#)

3. Nanosatélite FAC-SAT Chiribiquete

Escala TRL: 4. Esfuerzo de investigación entre Ecopetrol, la FAC (Fuerza Área de Colombia) y Codaltec (Corporación de Alta Tecnología para la Defensa, empresa del Ministerio de Defensa). Luego de dos años de preparación, en abril de 2023 se lanza a orbita este nanosatélite equipado principalmente con dos elementos de tecnología: (i) un sensor hiper-espectral para estudio de emisiones de GEI y (ii) una cámara de alta precisión para estudio de coberturas del suelo (Ver Ilustración 2).



Ilustración 2 Figura línea de tiempo del programa FACSAT

El nanosatélite se encuentra reportando datos exitosamente desde agosto de 2023. Actualmente se encuentra en una fase de desarrollo de algoritmos; siendo éste, el reto principal de esta investigación, dado que se requiere el desarrollo de algoritmos en tres líneas: posicionamiento, interpretación de imágenes y correlación de espectros para determinar fuentes de emisión de GEI -principalmente CO₂ y CH₄.

La fase de desarrollo de algoritmos comprende de agosto de 2023 a agosto de 2024; con primeros resultados de interpretación para 2024-II.

Más Información:

[Presentación Ejecutiva FAC-SAT Chiribiquete](#)

4. Plataforma Digital Terra (Producto en Fase MVP1)

En un grupo de desarrollo interdisciplinario, que comprende el Centro de Innovación y Tecnología ICP y las áreas de Arquitectura Digital y Fábricas Digitales de la Vicepresidencias de Innovación y Tecnología, junto con profesionales de distintas áreas de Ecopetrol en medioambiente y descarbonización, y los aliados de tecnología de Ecopetrol, Microsoft y Anthesis, se desarrolla una plataforma digital en fase de MVP1 - producto mínimo viable, por sus siglas en inglés-, cuyo propósito es el análisis multicriterio de áreas de estudio, ecosistemas y polígonos de tierra para el estudio de potenciales iniciativas de descarbonización y palancas de valor asociadas a Soluciones Naturales del Clima en un territorio dado.

La plataforma se basa en un conjunto de capacidades digitales en la nube para el procesamiento de datos *geoespacializados* y la ejecución de distintos modelos analíticos en captura de CO₂, biodiversidad y análisis multitemporales del suelo. A través de esta plataforma se desarrollan distintos casos de estudio, donde se realiza un análisis preliminar de iniciativas con potencial de *proyectos de SNC* en los ecosistemas de estudio, entre ellos: restauración de manglares y páramos, árboles en tierra agrícolas, emisiones evitadas, entre otros. Iniciativas para presentar en 2023-II (ver Ilustración 3).

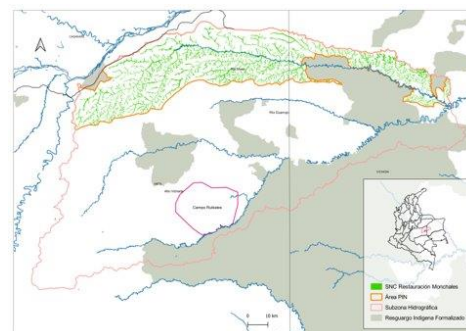


Ilustración 3 Figura indicativa de caso de estudio - Evaluación de restauración de Morichales como potencial SNC

La plataforma se encuentra en fase de prueba en su prototipo MVP1. Se encuentra en análisis futuras fases de desarrollo y su integración con otros sistemas informáticos. La plataforma también tiene

componentes de tecnología IoT (Internet de las cosas, por sus siglas en inglés), desde el cual se realizan pilotos de monitoreo ambiental en línea para Ecopetrol.

Desde su componente de Inteligencia Artificial, se realiza un piloto de procesamiento de datos, parte de un alcance de trabajo en el marco de un convenio con el IDEAM para el estudio de coberturas de la tierra. Desde esta plataforma se planea hacer un piloto de gemelo digital para un ecosistema de estudio.

Más información:

- [Video: Muestra de la Plataforma Digital, funcionalidad web.](#)
- [Presentación: Resumen ejecutivo Plataforma Digital.](#)
- [Casos de Estudio: Potenciales de SNC 2023-II \(En Actualización\).](#)
- [Resumen Técnico: Las Soluciones del Clima y las Tecnologías digitales “Nature Based Solutions for Climate Change – Research Project Technical Summary Paper & Digital Vision”](#)

5. Tecnologías para la Biodiversidad

El proyecto se apoya en la reconocida capacidad de Ecopetrol, a través de los laboratorios del ICP en aguas, suelos y biotecnología para el estudio de recursos naturales. Se considera a la metagenómica (técnica basada en ADN) como una tecnología relevante para el estudio de la biodiversidad. Ecopetrol ha utilizado este tipo de tecnologías en alianzas, como Fibras, con el Instituto Humboldt, y a nivel industrial para el estudio de microorganismos de interés en la cadena de producción de los hidrocarburos.

La caracterización de la biodiversidad es clave para identificar elementos estratégicos en las SNC, nuevas palancas de valor, servicios ecosistémicos y vislumbrar potenciales oportunidades de negocio desde la biodiversidad y bioeconomía, además de construir estudios multitemporales para evaluar estrategias de conservación a largo plazo. Para las vigencias 2024-2025 se busca profundizar en la biodiversidad como elemento acelerador de las SNC, específicamente en

áreas como: biotecnología para la captura de carbono y mejora suelos, modelos piloto de “créditos de biodiversidad” y oportunidades de negocio desde la biotecnología (ecosistema y comunidades).

6. TERRA y nuestro equipo humano



Nuestro equipo está conformado por profesionales en: biología, química, ingeniería química, ecología, fisicoquímica, geología, ingeniería ambiental, ingeniería electrónica, y microbiología. Así mismo, con experiencia en diversos campos del conocimiento en tecnologías aplicadas a: gestión ambiental, ecología tropical, química de gases, investigación participativa, biodiversidad, ecotoxicología y biorremediación.

Este proyecto de investigación es posible gracias al apoyo y colaboración de múltiples áreas del Grupo Ecopetrol, entre ellas, el apoyo, colaboración y trabajo en equipo con la Gerencia de Descarbonización de la VPHSE de Ecopetrol.

- FIN DEL DOCUMENTO -

ⁱ La Escala TRL (Technology Readiness Level). Indicador de madurez tecnológico, aceptado a nivel mundial, desarrollado por el Departamento de Energía de

Estados Unidos. La escala TRL califica tecnologías de 1 a 9. Fase de Investigación: (TRL 1) Concepto inicial y observación básica de principios, (TRL 2) Formulación



Vicepresidencia de Ciencia, Tecnología e Innovación –
VTI
Centro de Innovación y Tecnología - ICP
Gerencia Clúster de Transición y Descarbonización-GCK
Departamento de Desarrollo y Acceso Clúster T&D-DDK



de la aplicación, (TRL 3) Prueba de concepto, a escala de componentes; Fase de Desarrollo: (TRL 4) Validación de sistemas a escala de laboratorio, (TRL 5) Validación de componentes del sistema en ambiente relevante, (TRL 6) Pilotos integrados en ambientes relevantes; y Fase de Demostración, (TRL 7) Prototipo

completamente funcional, (TRL 8) Demostración integrada comercial y (TRL 9) Disponibilidad comercial.