

Desarrollo de una tecnología capturadora de gases de efecto invernadero y material particulado, para la reducción de emisiones y la disminución de la contaminación, mediante un sistema piloto de cultivo de microalgas, en el área metropolitana del Valle de Aburrá

UNIVERSIDAD
EAFIT[®]

Entidad Proponente	Eafit
Naturaleza de la Entidad	Privada
Nombre de la Iniciativa	Desarrollo de una tecnología capturadora de Gases de Efecto Invernadero y material particulado para la reducción de emisiones y la disminución de la contaminación, mediante un sistema piloto de cultivo de microalgas, en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Sector Económico

Transporte

Aunque la iniciativa captura indistintamente el CO₂eq y el material particulado del ambiente sin importar su procedencia, se considera como sector el transporte por ser este el principal responsable por estas emisiones en ambiente urbano, en la ciudad de Medellín



REGIÓN NORORIENTE PACÍFICO

ANTIOQUIA

Antecedentes



Antioquia ocupa el primer lugar en el país en la generación de emisiones de GEI, según el último reporte del Inventario de emisiones de GEI 2014, con unas emisiones brutas de 24.047 Mton. (Ideam, 2019). Este departamento ha demostrado interés en trabajar en acciones por el clima y cuenta con una plataforma de gobernanza al tener el Nodo Regional de Cambio Climático vigente y activo, cuya secretaría técnica es liderada por la Gobernación de Antioquia.

Adicionalmente, se emprendieron acciones por el clima que involucran a los actores privados y la academia, como es el caso de la alianza establecida entre la Universidad Eafit y Cementos Argos, la cual inició en el 2008 bajo un programa denominado: "Captura de CO₂ con microalgas", desarrollado por el Grupo en Investigación en Procesos Ambientales y Biotecnológicos - GIPAB, de la Universidad EAFIT, y el Grupo de investigación I+D, de Cementos Argos. En sus inicios, entre los años 2011 y 2014, el programa identificó microalgas eficientes

en la captura de CO₂, mediante la evaluación en un sistema alimentado con gases chimenea simulados. De 11 especies evaluadas fueron seleccionadas 4 por su nivel de productividad y se establecieron condiciones idóneas de cultivo. Posteriormente, con el proyecto Cern, que tuvo lugar entre 2015 y 2016, se determinó el potencial de valor de las especies seleccionadas, identificando posibilidades de incursión en sectores como el nutracéutico y energético, complementado con un análisis económico de potencial específico para producción de proteína (producción de espirulina).

Por parte de la Alianza Eafit-Argos, en el año 2017, se exploró el potencial para producción de crudos renovables, a partir de la biomasa generada durante la captura de CO₂ con el cultivo de las microalgas.

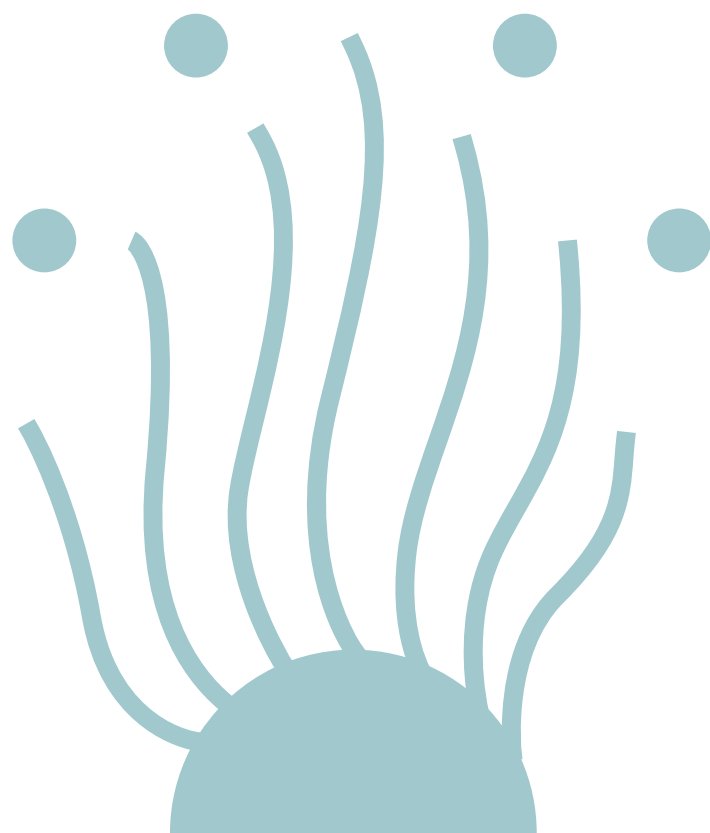
Durante los años 2018 y 2019, se desarrolló el proyecto Hematos, que validó en un entorno real (ambiente natural y gases reales de chimenea) la eficiencia en captura de CO₂,



y que alcanzó 290 ton/ha.año. De la misma forma, se validó técnicamente la producción de diésel renovable a escala de laboratorio, a partir de la biomasa generada en la captura de CO₂. Los resultados fueron corroborados con el proyecto Algan (2020-2021), direccionado a la evaluación técnico-económica del proceso con la generación de un biocrudo de bajo contenido de nitrógeno. Durante el proyecto se alcanzó una productividad celular 0.64 g/L.d, con unos rendimientos de transformación de biomasa en biocrudo superiores al 36% y unos costos proyectados de captura del orden de los USD\$ 29/ton CO₂. Gran parte de los ensayos se realizaron bajo condiciones reales de operación (gases reales de chimenea y condiciones ambientales naturales), logrando obtener biocrudos con un bajo contenido de nitrógeno (1,30%), un poder calorífico de 35,69 MJ/kg y una densidad API de 0,95, demostrando que la tecnología propuesta es una alternativa ambientalmente sostenible que puede ser empleada para la mitigación de Gases Efecto Invernadero.

En el marco de los logros generados por el desarrollo del programa se identifica una nueva línea de investigación direccionada a las aplica-

ciones en entornos urbanos. De esta forma, en el año 2020, se realizaron ensayos preliminares con fotobiorreactores en ambientes urbanos (avenida Las Vegas-Medellín) para determinar la capacidad de captura de CO₂ y material particulado, obteniendo como resultados preliminares, en términos de material particulado, una remoción superior al 75% y, en cuanto CO₂, lo equivalente a la captura de 20 árboles por cada fotobiorreactor.



Objetivo General



Establecer la viabilidad técnica, económica y ambiental de una propuesta integral para la implementación de un sistema urbano de captura de CO₂ y Material Particulado - MP, proveniente de diversas fuentes de emisión de la ciudad de Medellín, a partir del cultivo de microalgas.



Objetivos Específicos

1. Implementar un prototipo de FBR que permita la captura de CO₂ y MP en diferentes puntos de la ciudad de Medellín.

2. Seleccionar espacios públicos que puedan ser intervenidos mediante soluciones de biofijación para la reducción de GEI (CO₂) y MP.

3. Definir una estructura funcional y operativa para la implementación de un sistema urbano de captura de CO₂ y MP.

Principales actividades a desarrollar



1. Diseñar, construir y validar el prototipo de FBR para la implementación de un sistema urbano de captura de CO₂ y MP.
2. Diseñar el sistema urbano de captura de CO₂ y MP.
3. Diseñar e implementar un sistema de monitoreo y seguimiento de la reducción de emisiones de GEI y MP.
4. Diseñar una estrategia para el acompañamiento del sistema urbano de captura de CO₂ y MP (operación).
5. Formalizar compromisos de aliados interesados en la implementación de un sistema urbano de captura de CO₂ y MP.
6. Divulgar y posicionar alianzas estratégicas para el establecimiento de un sistema urbano de captura de CO₂ y MP.
7. Implementar herramientas de inteligencia artificial que prioricen zonas de intervención para operar el sistema urbano de captura de CO₂ y MP.
8. Definir la ubicación geográfica en la que se localizarán los FBR y gestionar las pruebas en el lugar.
9. Diseñar una estrategia de visibilización de la tecnología para promover políticas que apoyen su desarrollo.
10. Definir el modelo de costos, ingresos, operación y funcionamiento del sistema urbano de captura de CO₂ y MP.

11. Determinar la viabilidad técnica, legal, ambiental, social, económica, financiera y de mercado del sistema urbano de captura de CO₂ y MP.
12. Determinar las estrategias de viabilidad financiera de corto, mediano y largo plazo del sistema urbano de captura de CO₂ y MP.
13. Establecer estructura y funcionamiento de un spin-off para el desarrollo del modelo de negocio definido.
14. Diseñar una estrategia para la consecución de recursos con el fin de desarrollar tecnologías para la captura de CO₂ y MP.
15. Elaborar perfiles de públicos objetivos de la estrategia de comunicaciones y apropiación social.
16. Desarrollar estrategias y herramientas de comunicación para los públicos objetivo.
17. Desarrollar un modelo de gestión del conocimiento para la sistematización de lecciones aprendidas en la construcción del sistema urbano para la captura de CO₂ y MP.
18. Estructurar carreras de observación ciudadana asociadas a los impactos generados por la implementación del sistema urbano de captura de CO₂ y MP.

Lugar de Ejecución



El proyecto será realizado en la ciudad de Medellín con posibilidades de ensayos puntuales en toda el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Población Beneficiada

Los municipios que integran el Valle de Aburrá corresponden a: Barbosa, Copacabana, Girardota, Bello, Medellín, Envigado, Itagüí, Sabaneta, La Estrella y Caldas.



4.055.296

habitantes del Área Metropolitana del Valle de Aburrá



47,3%



42,7%

(Censo DANE, 2018).

Impactos / Cobeneficios

Ambientales: mejora la calidad del aire en grandes urbes y disminuye los contaminantes aéreos y CO₂ de origen antropogénico, mediante el uso de fotobiorreactores (FBR) con microalgas. Este cobeneficio ambiental es de los más importantes del proyecto, dado que la calidad del aire en las grandes ciudades, así como en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, presenta un deterioro cada vez mayor. Una mala calidad del aire afecta negativamente la salud de los habitantes, especialmente en lo referente al aumento de enfermedades respiratorias que desencadenan el colapso en el sistema de salud por atender casos asociados a MP, lo que genera como consecuencia un mayor gasto en salud pública. Algunas estimaciones indican que el mayor nivel de contaminación en ciudades grandes (presencia de material particulado en el aire en concentraciones superiores a 2,5 ug/m³ que al superar los 10 ug/m³ se considera altamente crítico) está asociado al incremento de la presencia de enfermedades respiratorias.

En efecto, el mejoramiento de la calidad del aire en grandes ciudades permitirá cambiar políticas asociadas al incremento de restricciones de movilidad, tales como medidas de pico y placa, y la restricción de realizar actividades físicas en espacios abiertos.

En este punto es importante mencionar que alrededor del 75 por ciento del

oxígeno que se respira es producido por microalgas, de las cuales existen cerca de 40.000 especies. Estas se caracterizan por su velocidad de crecimiento y su capacidad de captura de CO₂, 10 veces más rápido que una planta normal. Además, estos microorganismos son fuente de nutrientes de gran importancia para el resto de los seres vivos, son la base alimenticia de la pirámide. Inclusive, proporcionan aceites que pueden utilizarse como precursores químicos, biocombustibles o alimentos (aceite Omega 3, entre otros).

Por último, la implementación de este tipo de tecnologías es una oportunidad para potenciar un recurso del que poco nos estamos beneficiando, el cual está asociado a la riqueza de la biodiversidad que tenemos en nuestro territorio.

Económicos: contribución al desarrollo de una economía circular productiva al generar bioproductos mediante el cultivo de las microalgas. Impulso para lograr la transición paulatina del sector productivo hacia la implementación de procesos sostenibles. Además, la potencial producción de bioproductos permite garantizar aspectos de viabilidad financiera que aumentan las garantías de sostenibilidad del proyecto en el largo plazo, mediante la comercialización de estos bioproductos, los cuales tendrían elementos favorables de acceso a mercados vinculados a oportunidades

de negocios verdes, entre otros, contando con una ventaja de acceso a sellos verdes. En este contexto, cabe resaltar que los bioproductos permiten una oferta asociada a características especiales y que favorecen reputación de consumo responsable, comercio responsable y el desarrollo e innovación orientado a la promoción de un mercado cada vez más sostenible.

Sociales: generación de empleos directos e indirectos. Consolidación de áreas con mejor calidad de aire para el desarrollo de actividades al aire libre, lo que mejora la calidad de vida de la comunidad. Los beneficios sociales esperados con el desarrollo de este proyecto están referenciados a varios elementos que dan solución a problemáticas sociales críticas para las ciudades, uno de ellos es la generación de empleos, tanto directos como indirectos, dado que en la creación del spin-off se requiere personal para garantizar la operación y desarrollo del sistema urbano de captura de CO₂ y MP. De igual forma, el mejoramiento de las condiciones de calidad de aire atiende a una de las principales problemáticas por las cuales se declaró la emergencia climática en el departamento de Antioquia en febrero del 2020. Los elementos de captura considerados en esta propuesta se convertirían en motivadores de una cultura más verde y podría utilizarse para promover la concientización de la sociedad hacia un comportamiento más sostenible.

Con relación a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), **contribuye al ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura)** en sus metas: **9.5 Aumentar la investigación científica**

y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales de todos los países, en particular los países en desarrollo, a través del fomento de la innovación y aumentando considerablemente, de aquí a 2030, el número de personas que trabajan en investigación y desarrollo por millón de habitantes y los gastos de los sectores público y privado en investigación y desarrollo; **9.a Facilitar el desarrollo de infraestructuras sostenibles y resilientes en los países en desarrollo mediante un mayor apoyo financiero, tecnológico y técnico. Por su parte, el ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles)**, en sus metas: **11.3 Urbanización inclusiva y sostenible.** De aquí a 2030, se espera aumentar la urbanización inclusiva y sostenible, y la capacidad para la planificación y la gestión participativas, integradas y sostenibles de los asentamientos humanos en todos los países y **11.6 Minimizar el impacto ambiental de las ciudades.** Asimismo, de aquí a 2030 se busca reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso, prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo.

Correspondencia con Emisiones Claves del Departamento



El Área Metropolitana del Valle de Aburrá se encuentra altamente poblada, presentando un alto nivel de emisiones de GEI y material particulado, que se encuentran debidamente inventariados (AMVA, 2016). En el inventario de emisiones realizado en 2018, se identifica un total de emisiones que alcanza los 4,8 millones de toneladas de CO₂, 51.000 toneladas de metano y más de 2.400 toneladas de material particulado (PM 1, PM 2,5 y PM 10) (AMVA, 2019).

El proyecto plantea la validación de un sistema que permite la captura de Gases de Efecto Invernadero y MP, para la reducción de emisiones y la disminución de la contaminación. La primera fase del proyecto consistirá en la validación de un prototipo urbano de cultivo de microalgas que tiene la capacidad de capturar directamente del aire GEI y MP. Pruebas preliminares,

realizadas por el programa de investigación de la alianza Eafit-Argos, indicaron que un prototipo con una capacidad de 20L puede capturar el CO₂ equivalente de 10 árboles y remover el 75% del MP. Adicionalmente, se plantea la estructuración de un spin-off con capacidad para implementar la tecnología, a través de la creación de una empresa que permita transferir el conocimiento y la investigación científica, generada por el proyecto para su desarrollo comercial y apropiación social. Posteriormente, una vez validada la viabilidad del sistema, se espera lograr el desarrollo de una segunda fase de implementación del sistema urbano de captura de CO₂ y MP.

¿Qué tipo de innovación plantea el proyecto y en qué consiste?



Productos: nuestro sistema de captura de CO₂ mediante cultivo de microalgas representa el producto del proyecto, y en el momento no existen otros similares en el contexto urbano nacional para la purificación del aire que tengan una base biotecnológica.

Plataforma: el sistema de trabajo permitirá lanzar retos a través de un proceso de participación, siguiendo unas etapas de desarrollo basadas en la apropiación de una tecnología para la captura de CO₂ y MP con la que, además, se pueden crear startups, ya que el proyecto entregaría al mercado de la ciudad diferentes productos verdes que complementan o sustituyen los existentes. Por ejemplo, la sustitución de fertilizantes inorgánicos por un fertilizante verde formulado a partir de la biomasa.

Modelo de negocios: porque se puede generar ingresos por reducción de emisiones, por venta de biomasa y con la búsqueda de patrocinadores que con esta iniciativa compensen sus emisiones. Se encuentra por validar precios para cada opción.

Network: alianza con corporación autónoma o órganos municipales relacionados con el medioambiente que permite la implementación de la tecnología y la creación de interacciones en temas de educación y creación de cultura ambiental. Procesos: el sistema de captura plantea el uso de un nuevo proceso creado a partir de capacidades de la naturaleza, pero potenciadas para solucionar el problema de acumulación de CO₂ y material particulado.

Relación con usuarios: porque motiva a las personas a interactuar con nuevos sistemas de captura de CO₂ y posiblemente se conviertan en custodios de los sistemas de captura. Sellos, marcas, distintivos: la iniciativa debe estar acompañada de una nueva marca que se debe hacer visible y vinculante. Para esto, se necesita vender pauta para promover la marca. Se pretende plantear la opción de autoconstrucción o generación de una startup, que venda visibilidad verde o pauta asociada a estos procesos de captura de CO₂ y PM.

Servicio: servicio de mejoramiento de la calidad del aire mediante el alquiler y mantenimiento de nuestro **Surca**.

Articulación Plan Integral de Gestión de Cambio Climático Territorial (PIGCCT) del departamento / Instrumento de planificación



Este proyecto se articula con las medidas definidas para la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC, por sus siglas en inglés), que implica fortalecer acciones como la transición energética, la movilidad limpia, la lucha contra la deforestación, la siembra de 180 millones de árboles, el pago por servicios ambientales y la conservación de la Amazonía y de los páramos.

Teniendo en cuenta el Plan Nacional de Desarrollo Pacto por Colombia, pacto para la equidad 2018-2022, este proyecto hace parte de las medidas planteadas en el pacto por la sostenibilidad, ya que pretende mejorar la calidad del aire del Valle de Aburrá, mitigando los contaminantes aéreos y CO₂eq producidos por el sector transporte. La tecnología a emplear es la de fotobiorreactores (FBR) con microalgas. De esta manera, como se menciona en dicho pacto, el proyecto "impulsa acciones que permiten el equilibrio entre la conservación y la producción". Adicionalmente, se estaría aportando a una economía circular productiva al generarse bioproductos mediante el cultivo de las microalgas. Asimismo, se impulsaría a la transición paulatina de varios sectores productivos (por ejemplo, fertilizantes, biocombustibles, entre otros) hacia la implementación de procesos sostenibles, promoviendo la mitigación del cambio climático y la reducción de los impactos ambientales.

Con respecto al Plan de Desarrollo Departamental Unidos 2020-2023, este proyecto va en vías del objetivo del componente relacionado con la gestión integral del cambio climático, ya que, como se ha mencionado anteriormente, disminuye las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) en el Valle de Aburrá.

Este proyecto cooperaría con el cumplimiento del Plan y Acuerdo Estratégico Departamental en Ciencia, Tecnología e innovación (PAED), ya que se implementarían tecnologías que aporten a la disminución del cambio climático, se estaría generando conocimiento y se realizaría investigación aplicada en una sinergia entre la universidad Eafit y la empresa Cementos Argos, aumentando, por ende, la producción científica y el fortalecimiento de los grupos de investigación implicados.

En lo referente a la articulación del Proyecto con el Picca, el presente proyecto está articulado con las medidas de mitigación del cambio climático correspondientes al sector transporte y energéticos, como, por ejemplo, la promoción de energías renovables en las flotas de transporte y la industria en articulación con la NDC (Contribución Nacionalmente Determinada, por sus siglas en inglés).

Valor del proyecto

La inversión que se necesita para realizar el modelo será de

\$ 534.024.281



Actores

Gobernación de Antioquia, Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Alcaldía de Medellín, Jardín Botánico, Cámara de Comercio de Medellín, Instituto de Crecimiento Verde Global - GGGI, Parque Explora, Nodo Regional de Cambio Climático de Antioquia, Metro Medellín, Eafit y Fondo Acción.

Tiempo Estimado 2 años.

Equidad de género en el proyecto



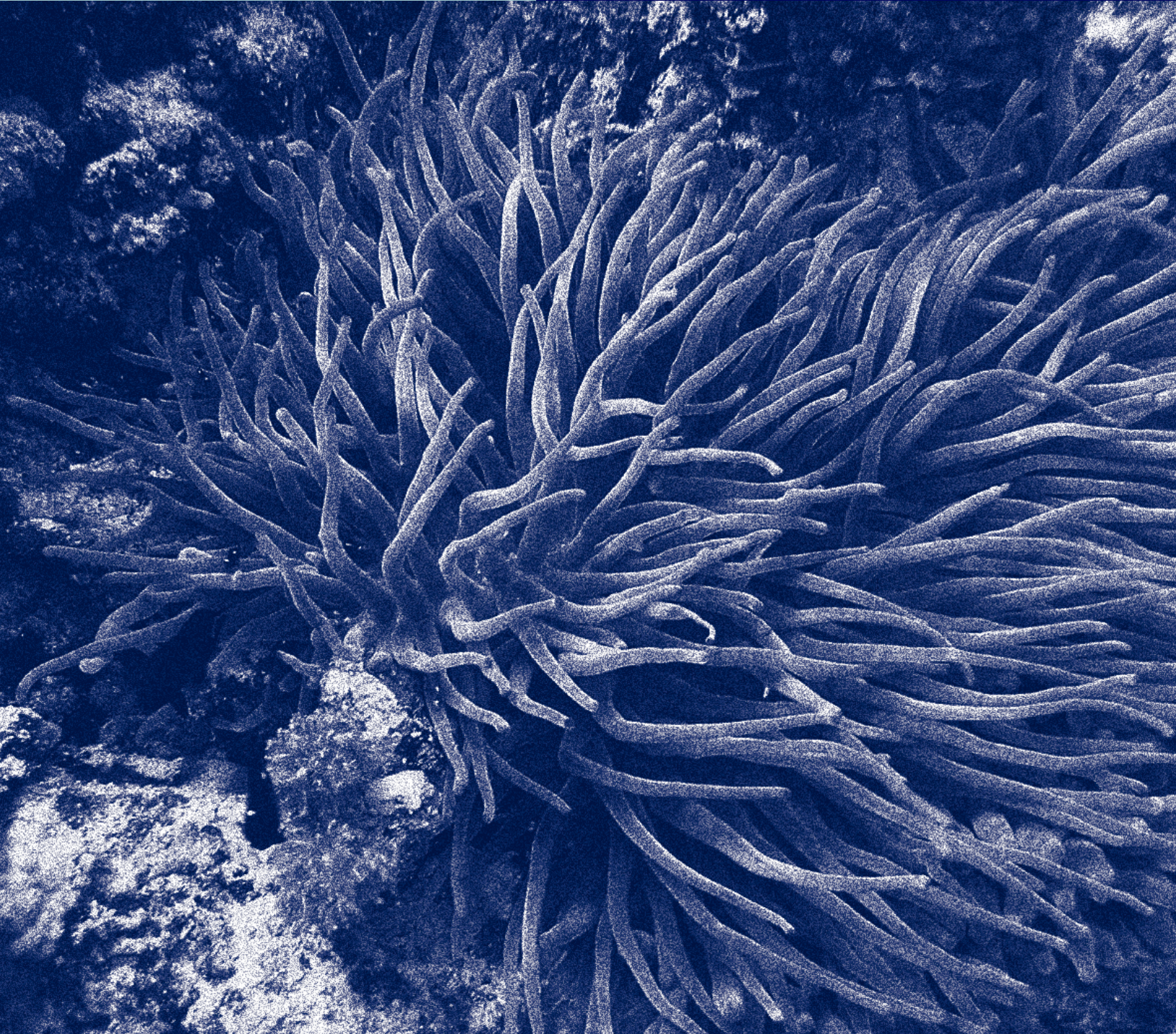
El enfoque de equidad de género se aborda mediante la vinculación de mujeres al equipo que implementa el proyecto y la identificación de actividades de vinculación activa de la mujer desde un rol de tomadora de decisiones. Durante el desarrollo de la investigación que soporta esta iniciativa, la acción de las mujeres ha sido protagonista siendo estas mayoría en la conformación de los equipos de trabajo. Así, en los procesos de formación de personal calificado en esta temática, el 100% de los estudiantes formados a nivel de maestría con el desarrollo de esta investigación han sido mujeres, 5 en total. En otros procesos de formación, como estudiantes de pregrado en monitoria y prácticas profesionales, la participación de las mujeres ha sobrepasado el 60%, tendencia que se espera mantener con el desarrollo del proyecto.

En la implementación del sistema de monitoreo y seguimiento se propone incluir indicadores para medición de los impactos diferenciales de género, derivados de los beneficios esperados de la implementación del sistema urbano de captura de CO₂ y MP. Dado que el proyecto tiene como alcance una fase de prefactibilidad, asociado a la validación de un sistema de captura de CO₂ y MP, se determinan dimensiones mínimas de género, en su implementación en esta fase.

Eafit

Desarrollo de una tecnología capturadora de Gases de Efecto Invernadero y material particulado para la reducción de emisiones y la disminución de la contaminación, mediante un sistema piloto de cultivo de microalgas, en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Transporte



Con el apoyo de:

