

N° 04 Enero de 2024

sonar

ISSN: 2981-6998



Foto: Santiago Estrada



Objetivos de Desarrollo Sostenible
Vida Submarina



En esta edición participan

Andrés Fernando Osorio, PhD,
Director Ejecutivo CEMarin, Universidad Nacional de Colombia

Prof. Dr. Martin Visbeck,
GEOMAR Centro Helmholtz de Investigación Oceánica, Universidad de Kiel

Juan-Felipe Blanco Libreros, PhD,
Investigador CEMarin, Universidad de Antioquia

José Ernesto Mancera-Pineda, PhD,
Investigador CEMarin, Universidad Nacional de Colombia,
Coordinador Red Colombiana de Estuarios y Manglares

Yennifer Lorena Hoyos Cazulú,
Estudiante de la maestría en ciencias marinas, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano

Ballantyne Puin Castaño,
Joven investigadora CEMarin, Estudiante de la maestría en medio ambiente y desarrollo,
Universidad Nacional de Colombia

Jorge Enrique Casas Mosquera,
Estudiante de la maestría en medio ambiente y desarrollo,
Universidad Nacional de Colombia

Josselyn Bryan,
Coordinadora científica local, Proyecto de ciencia ciudadana en Providencia

Slim Bendag, PhD (c),
Universidad Justus Liebig Giessen

Jaime Cantera Kintz, PhD,
Investigador CEMarin, Universidad del Valle

Olga Lucía Torres Suárez
Joven investigadora CEMarin, Universidad del Valle

Oscar David Caicedo Salcedo
Joven investigador CEMarin, Universidad de los Andes

Diana Marcela Arroyave Gómez, PhD,
Ex alumna CEMarin, Universidad Nacional de Colombia

Equipo Editorial CEMarin

Andrés Fernando Osorio, PhD
Director Ejecutivo CEMarin

Louise Lowe
Profesional en Comunicaciones y Proyectos

Zharick Fernández Ocampo
Profesional Junior de Comunicación Estratégica

Paula Daniela Muñoz
Auxiliar operativa de convocatorias

Equipo de Apoyo CEMarin

Álvaro Manuel Manrique Flórez
Director administrativo

Alberto Vizcaino Soto
Líder administrativo y financiero de proyectos

María Stefania Salas Cabezas
Profesional de Apoyo a la Gestión de Proyectos

Diseño Gráfico

Identidad Pública diseño y medios publicitarios SAS

sonar

Sonar es una publicación de la Corporación Centro de Excelencia en Ciencias Marinas CEMarin.

©2024. Todos los derechos reservados. El material de esta edición puede ser usado por investigadores y educadores para uso académico o científico, mencionando la fuente. También pueden ser usadas citas cortas, gráficos y tablas para publicación en libros y otras publicaciones de carácter científico. Para cualquier otro uso, por favor contactarnos a info@cemarin.org

Sonar se publica anualmente por el CEMarin.
Universidad Jorge Tadeo Lozano, Cra. 4 #22-61,
Edificio A | Of: 701-703-705
Universidad de Antioquia, Carrera 21 No. 35-53
Bogotá, Colombia

ISSN: 2981-6998

CONTENIDO

Editorial

1 - ODS 14 “La Vida Submarina”

Tendencias Globales

2 - Gemelos Digitales del Océano

Proyectos CEMarin

4 - ICMS 2023

6 - MMM6 y taller post-congreso

8 - Curso pre-congreso

12 - Ciencia ciudadana en Providencia

15 - Acuicultura sostenible de camarón basada en insectos

17 - Acuicultura sostenible en Turbo

18 - Expedición Tribugá con NatGeo

Informes CEMarin

21 - Informe de investigación I

23 - Informe de investigación II

24 - Informe de exalumno CEMarin



Sumergiéndonos en el Objetivo de Desarrollo Sostenible 14 - La Vida Submarina

1 Objetivo. 10 Metas. 1 Emergencia oceánica

Desde el año 2015, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y el Acuerdo de París son pilares de la gobernanza global y hacen parte del marco que guía las acciones humanas con el fin de equilibrar sus dimensiones ambientales, sociales y económicas. El océano es clave en estos esfuerzos dado que cubre más del 70% de la superficie del planeta y brinda servicios esenciales que sustentan la vida tal como la conocemos: regula nuestro clima al absorber el exceso de dióxido de carbono y calor, y genera el oxígeno que respiramos. El océano también sirve como la fuente principal de alimentos, medios de vida y transporte para unos tres miles de millones de personas alrededor del mundo.

Es interesante que el océano no figuró entre los Objetivos de Desarrollo del Milenio pero es el único ecosistema que tiene un ODS dedicado a su preservación y gestión, algo que ha elevado la conciencia mundial sobre la importancia del océano. Este cambio podría ser porque, como todos los que trabajamos en las ciencias marinas sabemos, hoy por hoy, el océano enfrenta una crisis de una escala jamás vista y de muchas dimensiones: la eutrofización costera, la acidificación de las aguas, el aumento de la temperatura del océanos, la contaminación por los plásticos, y la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada, entre otros. Desde la adopción de los ODS, la cantidad de iniciativas relacionadas con el océano ha aumentado sustancialmente, siendo el último éxito el Acuerdo para la Biodiversidad Fuera de la Jurisdicción Nacional, y con el Decenio de las Naciones Unidas de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible (2021-2030) como una clara señal de la necesidad de tomar acciones concretas para asegurar la sostenibilidad del océano y sus recursos hidrobiológicos a corto y largo plazo.

Entonces a ocho años de su adopción, ¿qué tanto hemos avanzado en lograr el ODS 14?^[1] De acuerdo con el Foro Económico Mundial, se necesitan \$175 mil millones USD por año para alcanzar el ODS 14 para el 2030, sin embargo, entre 2015 y 2019, se invirtieron poco menos de \$10 mil millones USD en total^[2]. Además, el vasto y misterioso mundo bajo la

superficie del océano sigue siendo uno de los ecosistemas más vitales pero menos explorados y entendidos de la Tierra. En este sentido, la ciencia y la educación – como todos los sectores – pueden hacer un aporte clave para lograr el ODS 14. Un esfuerzo global concertado es el único camino que tenemos para conservar y utilizar de manera sostenible el océano en beneficio de las generaciones actuales y futuras.

La cooperación internacional y la construcción de redes intersectoriales e interdisciplinarias son vitales para compartir el conocimiento, la tecnología y los recursos necesarios para abordar desafíos comunes. Por ende, como consorcio académico binacional (Colombia-Alemania), en CEMarin reconocemos que Colombia tiene particularidades ecosistémicas y todo el potencial científico-académico para convertirse en ejemplo de investigación y desarrollo sostenible de los recursos marino-costeros a nivel regional y global. Los invitamos a leer los contenidos preparados por varios investigadores y jóvenes investigadores CEMarin, y por colaboradores y expertos nacionales e internacionales, sobre varios temas emergentes y proyectos CEMarin, y su relación con los ODS.

Son muchos los retos que tiene el país, los cuales se deben articular con la región de América Latina y el Caribe, y con el planeta entera, pero dada nuestra ubicación geográfica estratégica y teniendo en cuenta las capacidades científicas y tecnológicas que se van incrementando y articulando en Colombia, seguiremos trabajando no solo para salvaguardar la vida marina, sino para fomentar un planeta más saludable y sostenible para todos.

¹ Para un análisis profundo, véase Haas B (2023) Achieving SDG 14 in an equitable and just way. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*. 23, 199–205. <https://go.ly/0xLDZ>

² World Economic Forum. 8 de junio de 2022. <https://go.ly/Kb79g>

Gemelos digitales del océano: oportunidades para un desarrollo sostenible en el futuro



Gemelos Digitales del Océano - Foto: Nikolas Linke / GEOMAR

Los gemelos digitales del océano (DITTO, por sus siglas en inglés) proponen una nueva forma de hablar sobre este ecosistema marino, redefiniendo la forma en que interactuamos y tomamos decisiones en relación con el océano, promoviendo acciones sostenibles. Los gemelos digitales son representaciones virtuales e interactivas del océano, las cuales permiten establecer una conexión bidireccional con él.

Los gemelos digitales del océano permiten a las partes interesadas explorar diferentes escenarios de desarrollo, abordando cuestiones como la energía, la minería, la pesca, el turismo y soluciones basadas en la naturaleza. Esta herramienta tiene la capacidad de cuantificar los beneficios y los cambios medioambientales, proporcionando visualizaciones potentes y precisas. Asimismo, ofrece la posibilidad a los profesionales del ámbito oceánico de crear sus propios gemelos digitales locales o temáticos, permitiendo una personalización según el enfoque específico de cada usuario. Por ende, es importante destacar que son una herramienta valiosa para optimizar el desarrollo. Al ingresar datos al sistema digital, se puede determinar la mejor opción, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones informadas basadas en un sistema de observación alrededor del gemelo físico, datos y modelos.

Todo lo que sabemos sobre el océano es gracias a la teoría, el modelado y, en gran medida, a la observación. Esta última se erige como un pilar central, ya que las observaciones realizadas se basan en datos disponibles de diversas agencias especializadas. Sin embargo, los gemelos digitales son un sistema que permite responder preguntas de "qué pasaría si" basadas en datos globales y locales, lo que permite a las partes interesadas compartir, explorar y ampliar la información disponible sobre el océano.

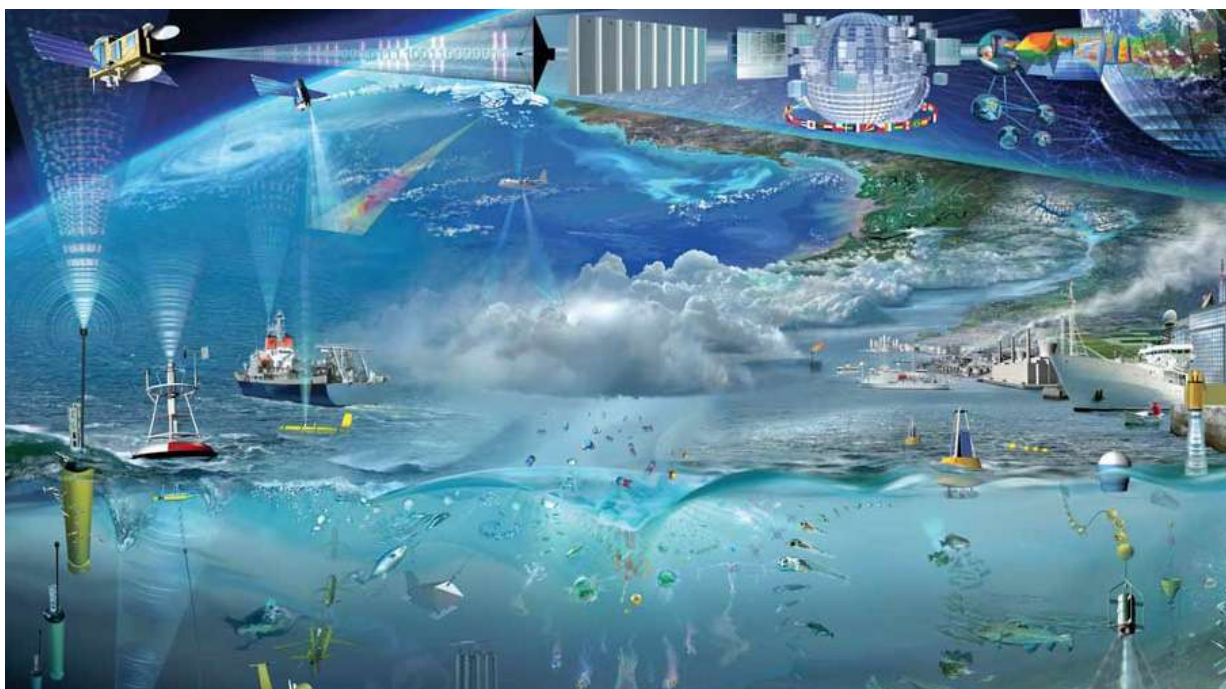
Esta tecnología incentiva la exploración y el estudio continuo del océano, identifica problemas ambientales y ayuda a decidir el mejor curso de acción para mitigar eventos dañinos tales como la contaminación, y representa una ciencia revolucionaria que reúne campos de investigación previamente separados, combinando información

atmosférica, geológica y poblacional para optimizar el desarrollo sostenible práctico, transformando a su vez el conocimiento sobre el océano en beneficios para los ciudadanos.

Estos avances en la gestión y comprensión del océano se alinean de manera estrecha con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas. Desde la promoción de la “Acción por el clima” (ODS 13) hasta la conservación de la “Vida submarina” (ODS 14). Además, los Gemelos Digitales del Océano aportan valiosas contribuciones hacia un futuro sostenible y contribuyen al (ODS 1) “Fin de la pobreza”, al impulsar un uso responsable de los recursos oceánicos y al facilitar la participación activa de diversos actores.



El Prof. Dr. Martin Visbeck presentando el proyecto DITTO en el ICMS 2023 - Foto: CEMarin



Gemelos Digitales del Océano - Foto: Glynn Gorick

En resumen, los gemelos digitales del océano ofrecen una ventana hacia un nuevo paradigma en nuestra comprensión del océano, teniendo en cuenta que al ser una representación virtual que combina la observación, la inteligencia artificial y el modelado avanzado, brindan herramientas importantes al momento de preservar y cuidar el océano.

Si está interesado en aprender más y / o en convertirse en socio del programa Gemelos Digitales del Océano, los invitamos a visitar la siguiente página:

<https://ditto-oceandecade.org/engagement/>

Conferencia Internacional en Ciencias Marinas 2023 “Trabajando hoy por los océanos del mañana”



Los asistentes al ICMS 2023 - Foto: CEMarin

En febrero, la ciudad de Cartagena fue el epicentro de la acción marina gracias a la Conferencia Internacional en Ciencias Marinas 2023: Trabajando hoy por los océanos del mañana (ICMS en inglés) organizada por CEMarin. En este evento reunimos alrededor de 100 expertos de alto nivel - y con una gratificante participación activa de jóvenes investigadores también - afiliados a instituciones de Alemania, Arabia Saudita, Aruba, Australia, Austria, Bélgica, Camerún, Chile, España, México, el Reino Unido, Rusia, Sudáfrica, Venezuela y Colombia.

Durante los concurridos tres días de la conferencia, las presentaciones, paneles, talleres y sesiones de pósters se centraron en tres ejes claves: i) Cambio medioambiental marino; ii) Uso sostenible y protección de los recursos marinos; y iii) Comprensión de las interacciones entre los océanos y la sociedad. Además de los análisis relacionados con los ecosistemas marino-costeros y las comunidades que dependen de ellos, se llevaron a cabo diversas charlas que abarcaban temáticas desde la biología hasta el arte. Se trataron temas como el carbono azul, los fenómenos de El Niño y La Niña, los gemelos digitales del océano, y la ecología química de esponjas en los arrecifes del Caribe, temas que abrieron paso a planteamientos de retos y oportunidades por parte de diferentes actores entre los que se destaca: la academia, la política pública, las organizaciones no gubernamentales, y empresas privadas como Ecopetrol, Nortek, Sepia Rov, y startups (Neowave Energy), todas comprometidas en facilitar el desarrollo y la implementación de proyectos de alto impacto en los océanos.



Panel sobre expediciones oceanográficas - Foto: CEMarin



Una ponencia en el ICMS 2023 - Foto: CEMarin



WELCOME TO

ICMS²⁰²³

CARTAGENA COLOMBIA **WORKING TODAY FOR THE OCEAN OF TOMORROW** →

En el ICMS 2023, se destacó la diversidad de asistentes de todas las regiones costeras de Colombia, incluyendo la costa atlántica, la costa pacífica y el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, quienes desempeñan un papel crucial en la consecución de resultados concretos, al exponer sus realidades y necesidades.



Nuestro director ejecutivo con algunas jóvenes investigadoras CEMarin y miembros del equipo de logística - Foto: CEMarin

Hasta ahora, el ICMS ha sido un evento trascendental en tres ocasiones, reuniendo equipos interdisciplinarios del sector marino con el fin de garantizar la protección y sostenibilidad de los océanos. La primera edición en 2018, Hacia un océano sostenible, tuvo lugar en Medellín, con la participación de 140 asistentes de 17 países. La segunda edición, Océanos tropicales para el futuro, se llevó a cabo de manera virtual en 2020, atrayendo a más de 1000 participantes y con intervenciones virtuales por parte de eminencias como Sylvia Earle y Daniel Pauly. Y en esta tercera edición, trazó el propósito adicional de contribuir a la realización de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas en relación con los aspectos actuales y futuros de los océanos del mundo.

Los invitamos a ver el video que preparamos de los momentos destacados de este inolvidable evento, y a quedarse atentos a más información pronto sobre el próximo ICMS.



PROYECTOS CEMarin

Dr. Juan-Felipe Blanco Liberos

Instituto de Biología, Universidad de Antioquia; Director Científico del MMM6; Investigador CEMarin

Colombia, sede de la conferencia mundial de los manglares



Los asistentes al MMM6 - Foto: CEMarin

Todas las miradas de los científicos del mundo apasionados por los manglares estuvieron puestas en Cartagena, Colombia, entre el 24 y 28 de julio de 2023. Sí, esta ciudad icónica del Caribe suramericano fue la sede de la conferencia mundial de especialistas en este ecosistema. Esta fue la sexta conferencia sobre “Macrobentos y manejo del manglar” (MMM por sus siglas en inglés), una serie que ya completó dos décadas de existencia. Ha sido un largo camino desde la primera reunión celebrada en 2000 en Mombasa (Kenia), pasando por Coolangatta (Australia, 2006), Galle (Sri Lanka, 2012), San Agustín (Estados Unidos, 2016) y Singapur (Singapur, 2019).

El encuentro realizado en Cartagena fue la demostración del crecimiento de una comunidad científica dedicada a un ecosistema que antes del Acuerdo de París (2015) era visto con poco interés. Partiendo de un encuentro de menos de 30 personas en la primera conferencia en Kenia se llegó a una aglutinada reunión con cerca de 400 participantes durante el MMM6 en Colombia. Muchos participantes han expresado su gratitud a los organizadores de la conferencia: la Red Colombiana de Estuarios y Manglares (RedCEM) y el Centro de Excelencia en Ciencias Marinas (CEMarin), quienes aceptaron el desafío durante el MMM5.

Los números hablan por sí solos: cinco conferencistas magistrales, 120 presentaciones orales, y 280 afiches, entre los cuales los 45 más destacados dieron una charla relámpago. Los científicos, administradores de recursos naturales, conservacionistas y representantes de comunidades locales abordaron diversos temas que se organizaron bajo seis desafíos alineados con el Decenio de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible, declarada por la Organización de las Naciones Unidas: la conservación y la restauración de los manglares y su biodiversidad, entender y resolver el problema de la contaminación marina, lograr un desarrollo socioeconómico sustentable y equitativo, desarrollar e implementar acciones climáticas y soluciones basadas en la naturaleza ante el cambio climático, expandir el sistema global de observación de los manglares e implementar innovaciones tecnológicas y educativas para incrementar el conocimiento sobre los manglares, y cambiar las relaciones humanas con estos ecosistemas.

La calidad del evento estuvo supervisada por 26 miembros internacionales y 11 nacionales del comité científico. Los trabajos presentados confirman que los manglares son súper héroes en la mitigación y adaptación ante los efectos del cambio climático, particularmente en lo que respecta al ascenso del

nivel del mar y los oleajes fuertes. Contribuyen a la captura de carbono regional y global, siendo cinco veces más efectivos por unidad de área debido a su gran capacidad de almacenamiento en los suelos en comparación con los bosques terrestres. Son hábitat de especies como tigres, primates y aves. Pero también son las cunas y guarderías de peces de importancia económica y por ello sostienen las pesquerías y comunidades costeras. Prestan múltiples servicios, lo que motiva a científicos y conservacionistas a protegerlos mediante la creación de reservas marinas y a monitorear su condición desde el espacio con múltiples satélites. Hoy también hay grandes esfuerzos para incrementar la educación basada en los manglares. Durante el evento se presentaron varios videojuegos, aplicaciones digitales y hasta métodos para hacer música a partir de datos. Además se presentaron ejemplos de ingeniería blanda o mixta que utilizan los manglares como soluciones basadas en la naturaleza ante desafíos climáticos.

Con gran entusiasmo, los participantes en el MMM6 celebraron el 26 de julio, el “Día Internacional por la Conservación del Ecosistema de Manglar”, con visitas a diferentes áreas de la bahía de Cartagena, la Ciénaga de la Virgen y el Santuario de Fauna y Flora “El Corchal, Mono Hernández”. Algunos conocieron el icónico mangle piñuelo, *Pelliciera rhizophorae*, una especie de mangle endémico del continente americano. En la noche de ese día se tuvo una celebración organizada conjuntamente con la UNESCO, FAO y la Fundación de Manglares de China. La UNESCO resaltó el proyecto de restauración de manglares en las Reservas del Hombre y la Biosfera en Latinoamérica, la FAO lanzó el libro “Los manglares del mundo 2000-2020” y la Fundación de Manglares de China anunció el lanzamiento del Centro Internacional de Manglares en Shenzhen, China.

El punto más alto de la clausura del MMM6 fue el reconocimiento a la vida y obra de tres grandes científicos de la comunidad: Ilka C. Feller (Centro Ambiental Smithsoniano, Estados Unidos), Norman Duke (Universidad James Cook, Australia) y Ricardo Álvarez-León (Fundación Verdes Horizontes, Colombia). Contrario a los mundiales de deportes, las conferencias MMM son un encuentro amistoso para aprender unos de otros como comunidad, no son una competencia. Todos ganan, ganan las comunidades, ganan los manglares, y gana la biodiversidad. Esta vez fue en Cartagena, y nos encontraremos de nuevo en el MMM7 en 2026 en Okinawa, Japón. Otsukaresama Deshita!

Un taller para pensar en el presente y futuro de las ciencias del manglar



Después del MMM6, entre el 30 de julio y 3 de agosto, un grupo de 29 participantes se reunió en Maguipi, Buenaventura con el objetivo de identificar los desafíos y oportunidades en la implementación de soluciones basadas en manglares ante el cambio climático y los desafíos de la sociedad, para posteriormente divulgar las discusiones y conclusiones ante la comunidad científica internacional mediante publicaciones en revistas de alto impacto. Aunque las soluciones basadas en la naturaleza que han utilizado a los manglares han sido muy útiles para el control de la erosión y las inundaciones, es necesario implementar más proyectos para afrontar múltiples desafíos climáticos y sociales.

En un diálogo de conocimientos y saberes, 17 participantes internacionales y 12 nacionales, incluyendo representantes de consejos colectivos afro-descendientes de las dos costas de Colombia, se resaltó la necesidad de escuchar las voces de comunidades locales. Durante una visita al Consejo Comunitario de La Plata en la Bahía de Málaga, los visitantes de siete países y 20 instituciones aprendieron de la experiencia de las mujeres piangueras, es decir recolectoras de un molusco llamado piangua típico de la costa Pacífica de América. La actividad de recolección pero también de comercialización, rescate cultural, conservación de los recursos naturales y educación a las generaciones jóvenes, mostró el empoderamiento de la asociación. El manejo sostenible de un recurso como la piangua puede ser un ejemplo de solución basada en la naturaleza para enfrentar la crisis de la biodiversidad pero también la crisis social. El buen manejo de pesquería de la piangua ha ayudado a conservar el recurso y al hábitat, lo cual ha permitido al ecosistema responder ante el ascenso del nivel del mar y a la comunidad un crecimiento socio- económico sostenible. Los participantes conocieron una novedosa solución basada en el manglar bajo el liderazgo de las mujeres. Una oportunidad imperdible de aprendizaje desde el Sur Global.

¿Quieres saber cómo suenan los manglares colombianos a través de la sonificación de datos?

<https://mmm6.co/colombian-mangrove-ringtone/>

PROYECTOS CEMarin

Dr. José Ernesto Mancera-Pineda

Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia; Investigador CEMarin;
Coordinador Red Colombiana de Estuarios y Manglares

Dr. Andrés Osorio

Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia; Director Ejecutivo CEMarin; Director Curso Precongreso

La Ciénaga Grande de Santa Marta: donde las comunidades son iguales de resilientes que los manglares

CEMarin, junto con la Red Colombiana de Estuarios y Manglares, organizó el curso: Mangroves as Foundations for the Blue Economy como parte del VI Mangrove Macrobenthos and Management Meeting – MMM6, del 19 al 22 de julio 2023. Para esta destacada ocasión, se seleccionó como laboratorio natural la ecorregión de la Ciénaga Grande de Santa Marta por varias razones: en primer lugar, debido a su gran productividad biológica y riqueza ecosistémica; segundo, por la presencia de comunidades anfibias ancestrales; y tercero, porque es una Reserva de la Biósfera designada por la UNESCO que hace parte de los humedales Ramsar, y cuenta con dos áreas protegidas que son administradas por Parques Nacionales Naturales de Colombia.



Participantes e instructores en el pueblo palafito de Buena Vista - Foto: Emilio Posada

Desde el inicio, uno de nuestros objetivos clave para el curso fue reunir actores de distintos sectores y disciplinas, y nos complace compartir que asistieron 21 participantes de nueve países, principalmente de América Latina, Europa y Asia, incluyendo tanto el sector privado como el público, así como institutos de investigación de alto nivel y jóvenes investigadores. Junto con los instructores internacionales y nacionales, desarrollamos una dinámica vivencial, a través de actividades de aprendizaje activo que estimularon la reflexión y compromiso frente a la necesidad de la gestión del conocimiento para garantizar el bienestar y la equidad a partir de los servicios provistos por los socio-ecosistemas de manglar.

El contacto directo con las comunidades de la Ciénaga Grande de Santa Marta también fue otro objetivo importante para nosotros. Contamos con la participación de Jhon Cantillo, nativo de la Ciénaga

Grande quien nos compartió su conocimiento profundo de la región, su gente y sus ecosistemas. Nos enorgullece decir que los objetivos del curso se cumplieron a cabalidad y que todos los participantes terminaron los cuatro días llenos de entusiasmo para mantenerse en contacto y para desarrollar planes de acción, desde sus distintos sectores, en torno a la economía azul. Además, los resultados serán incorporados en el plan de investigación nacional que prepara la Red Colombiana de Estuarios y Manglares, según lo establece la Ley 2243 de 2022, que es la Ley de protección de los manglares en Colombia.

Los invitamos a seguir leyendo para conocer los testimonios de los tres jóvenes investigadores de distintas regiones de Colombia que recibieron becas del CEMarin, CAPAZ y TRAJECTS para participar en este memorable evento.

Investigación y participación desde los territorios: experiencia de los jóvenes investigadores en el curso Mangroves as Foundations for the Blue Economy

Somos Yennifer Lorena Hoyos Cazulú^[1], bióloga marina y estudiante de la maestría en Ciencias Marinas de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano; Ballantyne Puin Castaño^[2], ingeniera ambiental y estudiante de la maestría en Medio Ambiente y Desarrollo de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, y Jorge Enrique Casas^[3], antropólogo y estudiante de la maestría en Medio Ambiente y Desarrollo de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

Por casi una semana tuvimos la posibilidad de interactuar con un grupo de más de 20 personas de diferentes partes del mundo y visitar dos lugares del Caribe colombiano; Vía Parque Isla de Salamanca (VIPIS), un área protegida, y las comunidades palafíticas de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), específicamente Buenavista y Nueva Venecia. Allí realizamos diferentes actividades que nos permitieron conocer las generalidades de los manglares, su hidrodinámica y morfodinámica y las amenazas y vulnerabilidades de este ecosistema. De otra parte, fue posible visibilizar la relación entre las comunidades locales y los ecosistemas de manglar, la economía en torno a este ecosistema, la valoración de sus servicios a diferentes escalas y los conceptos y técnicas de medición del carbono azul.

A partir de esta experiencia, logramos realizar reflexiones y/o acercamientos investigativos desde nuestros campos de acción, los cuales queremos compartir a continuación.



I-D: Ballantyne Puin Castaño, Director ejecutivo del CEMarin
Dr. Andrés Osorio, Yennifer Lorena Hoyos Cazulú, Jorge Enrique Casas Mosquera - Foto: CEMarin

1 <https://www.linkedin.com/in/yhcazul%C3%BA/>

2 <https://www.linkedin.com/in/ballantyne-puin/>

3 <https://www.linkedin.com/in/jorge-enrique-casas-mosquera>

Comunidades anfibias, artífices de la conservación

Yennifer Lorena Hoyos Cazulú

Esta experiencia de inmersión, al pasar por los sentidos, dejó un mensaje claro y es que los seres humanos, con su diversidad cultural, son un componente integral de los ecosistemas.

Cada vez van siendo más evidentes las acciones de conservación activa, que van más allá de una protección estricta y que entienden la importancia de trabajar de la mano con las comunidades locales, pues sólo así hay una garantía de que perduren en el tiempo y se logren los objetivos propuestos. De esta manera, fue muy satisfactorio ver que en la visita al VIPIS, los guardaparques eran personas de la misma comunidad. Por otra parte, en Buenavista, el vivero de manglar de Parques Nacionales Naturales y la fundación Fiatmar es manejado por pescadores de este corregimiento.

Dentro de las lecciones que llevo a casa luego de esta maravillosa experiencia, rescato la importancia de implementar un enfoque ecosistémico a la hora de pensar en estrategias de conservación, pues es indispensable considerar los aspectos sociales, económicos y culturales, además de los biofísicos y ecológicos. El enfoque por ecosistemas es una herramienta para la gestión integrada de la tierra, el agua y los recursos naturales, a la vez que se promueve su conservación y uso sostenible de forma justa y equitativa. Involucrar activamente a las comunidades en el manejo sostenible de los recursos naturales puede ser la única garantía para conservar estos ecosistemas y un gran ejemplo de ello se evidenció en los negocios sostenibles que se llevan a cabo en la CGSM, como lo son el ecoturismo y el trabajo artesanal.

El ecoturismo, una estrategia de conservación y alternativa económica para las comunidades locales costeras

Ballantyne Puin Castaño

Se pudo evidenciar que tanto en el VIPIS como en las comunidades de la CGSM el ecoturismo emerge como una alternativa para la conservación de los ecosistemas de manglar y la generación de recursos económicos para la comunidad. Es relevante destacar que en el caso de la CGSM, el turismo representa una oportunidad económica importante para las mujeres, quienes anteriormente no contaban con fuentes de ingresos debido a su limitada participación en la actividad económica principal, que es la pesca. En consecuencia, son ellas

quienes están liderando y desempeñando un papel fundamental en la prestación de servicios de guianza turística.

Al mismo tiempo, se puede observar que en el Pacífico colombiano también hay un gran interés por parte de las comunidades de promover el ecoturismo en sus territorios. Por ejemplo, en el caso del Consejo Comunitario de la Comunidad Negra de Punta Soldado, están buscando consolidar una estrategia de turismo comunitario, cultural y científico de naturaleza. Allí junto con la comunidad y diferentes actores impulsamos el Centro Territorial para la Conservación: un esfuerzo de turismo comunitario-científico basado en la bioeconomía^[1]. Asimismo en Bahía Málaga, la Asociación Comunitaria Ecomanglar^[2] está dedicada a ofrecer una oportunidad para experimentar la belleza natural y cultural del archipiélago de Bahía Málaga-La Plata. Sus actividades turísticas giran en torno al manglar y atractivos naturales y al mismo tiempo contribuyen a la conservación (ruta de la piangua^[3]).

Bajo este panorama, surgen algunas preguntas que estoy en proceso de investigar y responder. ¿Es entonces el ecoturismo una estrategia de conservación y alternativa económica para las comunidades costeras en Colombia? ¿Representan los manglares y demás ecosistemas costeros un aliado para impulsar la economía azul? ¿Cuáles son los conflictos socioambientales que debemos considerar para dar paso al ecoturismo y la economía azul como alternativas?

Los bienes comunes, socioecosistemas y conflictos socioambientales

Jorge Enrique Casas Mosquera

Entender la importancia sobre los bienes comunes y el derecho a los comunes o commons, es una noción fundamental que me ha rondado como inquietud personal por mucho tiempo; comprender el uso y derecho a los bienes naturales sobre los servicios ecosistémicos que brinda un ecosistema tan neurálgico y central como lo es la CGSM, se convirtió sin lugar a dudas en una oportunidad valiosísima para ahondar sobre el concepto de lo común. Este socio-ecosistema, donde conviven diversos actores, es clave para la conservación de los ecosistemas marino-costeros y la vida caribeña de las sociedades anfibias, que explica Fals-Borda en su célebre libro *Historia doble de la Costa*, el cual es una invitación a viajar por las memorias no solo literarias sino de tradición oral de las zonas bajas inundables del sistema acuático Magdalena – Cauca, cuya joya de la



Un jaibero (pescador de cangrejos) en la Ciénaga Grande de Santa Marta - Foto: Emilio Posada

corona es la CGSM, como reguladora de la vida y como en palabras de los locales sería “la ciénaga como el riñón de Colombia”. De todo este territorio hidrosocial o en palabra de Camargo “acuatorio”, tan complejo y tan diverso que hace parte de la esencia de la vida ribereña del Caribe.

La vida ribereña y las economías relacionadas con la ciénaga, son fundamentales para entender el mundo cultural de los cienagueros. Una de las actividades económicas clave asociadas a este ecosistema ha sido la pesca, la cual está intrínsecamente relacionada con los ecosistemas anfibios de las planicies inundables del complejo Magdalena - Cauca y las zonas marino costeras. La complejidad, multiescalaridad y multiespacialidad que históricamente ha existido en la ciénaga, ha ocasionado esas disputas y las ha consolidado como conflictos socioambientales, los cuales se generan, como diría Mariana Walter, por la divergencia de intereses sobre el territorio como el dinamizador de los conflictos, ya que su yuxtaposición se expresa como disputas sobre disposiciones, pero por detrás de ellos, se dirimen necesidades, temores y preocupaciones que podrían ser contrapuestos.

Varios de estos conflictos que pude evidenciar en la CGSM, se relacionan con el acceso desigual a los recursos y la divergencia en las relaciones entre naturaleza no humana y humana. Algunos de los conflictos que se pudieron identificar fueron: la sobrepesca de especies, las redes de intermediación dentro de la cadena económica pesquera y el endeudamiento como sistema de control de las dinámicas propias de los pescadores.

1 <https://www.solucionescosteras.org/ballantyne-puin-castano/>

2 <https://ecomanglar.org/>

3 <https://ecomanglar.org/project/ruta-de-la-piangua/>

Economía Azul / Servicios Ecosistémicos



Consideraciones finales

Aunque cada uno de nosotros hizo reflexiones y acercamientos investigativos desde distintas formaciones, coincidimos en la relación tan estrecha que hay entre los ecosistemas de esta área del país y su gente, y cómo se han convertido en ecosistemas de oportunidades para todos, pues se están diversificando las actividades económicas, que cabe resaltar, tienen un enfoque de sostenibilidad. Es preciso entonces continuar apuntando a un ordenamiento pesquero orientado hacia una pesca sostenible, al ser esta la base alimenticia de la población palafítica.



El transporte cotidiano en Nueva Venecia - Foto: Emilio Posada

De esta manera, poco a poco se están protegiendo estos ecosistemas estratégicos por iniciativa de sus habitantes, sumado a las estrategias de conservación de las entidades que hacen presencia y que ahora los hacen partícipes de las mismas. Es importante resaltar que los manglares conservados y su relación con las comunidades locales además de ser claves para el desarrollo de la economía azul, son en conjunto agentes importantes para la mitigación y adaptación al cambio climático.

Evaluación basada en la ciencia ciudadana de la recuperación de los arrecifes de coral después del huracán en Providencia

En noviembre de 2020, el huracán Iota devastó muchas zonas del archipiélago colombiano de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, resultando particularmente afectada Providencia. Desde entonces, el proceso de recuperación continúa hasta el día de hoy. Conscientes del valor de los servicios ecosistémicos de los arrecifes de coral para el archipiélago, CEMarin, con aliados en la Pontificia Universidad Bolivariana, Corales de Paz, los Parques Nacionales Naturales de Colombia y la Universidad Nacional de Colombia - Campus Caribe lideraron este proyecto basado en ciencia ciudadana. Esta iniciativa, respaldada financieramente por la Fundación para la Conservación, la Alimentación y la Salud, emplea ciencia y tecnología para contribuir a los esfuerzos de restauración de los arrecifes de coral.

Hablamos con Josselyn Bryan (J.B), coordinadora científica local del proyecto, para obtener más información.

¿Puedes contarnos sobre el objetivo de este proyecto?

JB: En términos generales, el objetivo fue transferir conocimientos y experiencias a la comunidad local y a las autoridades ambientales locales para fortalecer capacidades de monitoreo y evaluación participativa de la recuperación de los arrecifes de coral en las islas de Providencia y Santa Catalina. Además del uso de la tecnología y la capacitación que esto requería, mejorar la apropiación local de los procesos de rehabilitación de los arrecifes de coral también fue fundamental para la planificación y ejecución del proyecto. Así, al involucrar a esta comunidad de pescadores en temas técnico-científicos, tomaron conciencia de que pueden jugar un papel clave en este tipo de proyectos, como expertos culturales y ambientales, y que pueden ampliar sus conocimientos gracias a estas nuevas iniciativas.

¿Dónde exactamente llevaron a cabo las actividades de seguimiento?


JB: El trabajo se llevó a cabo en y alrededor de las islas de Providencia y Santa Catalina. El área de interés se dividió en dos áreas, una dentro del Parque Nacional Natural (PNN) y la otra en el Old Providence McBean Lagoon, específicamente en el extremo noreste de la isla, donde se recolectaron




Analizando las imágenes - Foto: Josselyn Bryan

datos en cuatro parcelas (monitoreo y/o restauración), más cuatro áreas fuera del terreno protegido.

El PNN Old Providence McBean Lagoon, creado en 1995, es un área marino-costera para la conservación de la biodiversidad in situ. Dentro del área protegida se realizaron fotomosaicos en las estaciones Maracaibo, Plaza Marcelas, Banco Blanco y Tres Hermanos. Estas parcelas fueron instaladas en el parque antes del huracán Iota. Fuera del área protegida, seleccionamos cuatro sitios con características de formaciones coralinas, tres de los cuales estaban ubicados al noroeste de la isla de Santa Catalina, denominados Fly Spot, Basalt Cay y Morgan Head. El último sitio se ubicó al sureste de la isla de Providencia, denominado Ciudad de Mantas, tradicionalmente utilizado para el buceo recreativo. Durante los ocho meses del proyecto, el equipo construyó dieciséis fotomosaicos dentro y fuera del área protegida del PNN Old Providence McBean Lagoon, lo que resultó en un total de cinco ortomosaicos 3D y el comienzo de la evaluación de la cobertura coralina de estos sitios.

 ¿Cuáles fueron los mayores desafíos que encontraron durante el proyecto?


JB: El mayor desafío fue la calidad y disponibilidad del servicio de internet en Providencia, lo que generó dificultades para enviar el material a los investigadores encargados del procesamiento de las imágenes (están ubicados en las instalaciones de la UPB en Medellín), ocasionando muchos retrasos. Por supuesto, las condiciones naturales como el clima y la alta presencia de ctenóforos y macroalgas en algunas parcelas también nos generaron problemas al imposibilitar la toma de imágenes.

 ¿Cómo abordaron la formación de los científicos ciudadanos?

JB: Comenzamos con cuatro sesiones de capacitación y socialización para los nueve pescadores involucrados: John Robinson Archbold, Benjamín Suarez Borden, Nageer Archbold Webster y Jordie Guerrero Suarez - quienes fueron los encargados de tomar imágenes dentro de las áreas protegidas - y Mauricio Webster, Truman Davila, Eusebio Webster, Uriah Steele y Simon Eloy James, quienes fueron los encargados de tomar imágenes fuera del área protegida. Adicionalmente, se asignó un contratista y tres profesionales para realizar las mismas tareas dentro del Parque Nacional Natural (NNP) Old Providence McBean Lagoon. El proyecto ha incrementado las habilidades de estos pescadores locales que, a través de la formación,


aumentaron sus capacidades para asegurar el correcto y óptimo manejo tanto de las cámaras GoPro utilizadas para recoger datos de los fotomosaicos, como de equipos tecnológicos adicionales. También mejoraron sus capacidades en el uso y ajuste de teléfonos celulares y el uso de puntos de control para la toma de muestras.

Durante el desarrollo del proyecto, la mayoría de los pescadores realizaron ellos mismos todo el proceso de configuración de la cámara. Cada uno de ellos realizó el trámite por sí mismo, lo que generó un logro en cuanto a la apropiación de conocimientos respecto a su trabajo en campo y los pasos que deben realizar, con un grupo de pescadores autosuficiente al momento de realizar la encuesta de imágenes.

 ¿Cómo respondieron los científicos ciudadanos a los desafíos que enfrentaron durante el transcurso de su implementación?

JB: A medida que avanzaba el proyecto, los pescadores involucrados se volvieron más audaces y aumentaron sus habilidades para tomar fotomosaicos. Luego de la capacitación, socialización y trabajo de campo, los pescadores pudieron desempeñar un rol auditor en la obtención de las imágenes y ayudaron a evaluar la calidad de las fotografías y las condiciones de los sitios. Si lo vieran necesario podrían decidir realizar una nueva salida o tomar nuevas imágenes para que la calidad de los fotomosaicos se mantuviera constante.

Asimismo, a través de un proceso de prueba y error adquirieron experiencia al reconocer y corregir errores, identificando así los métodos más efectivos para la captura y análisis de imágenes y videos, así como la evaluación de la cobertura en cada sitio. Esta flexibilidad y autonomía les permitió mejorar tanto sus habilidades laborales como personales, perfeccionando así su desempeño y ofreciendo mejores productos para las actividades de investigación, la comunidad y el turismo en el futuro. Finalmente, y quizás lo más gratificante, se convirtieron en embajadores científicos en sus comunidades, haciéndoles saber que la ciencia no es sólo para académicos o investigadores, sino que todos, y más aún como expertos locales, podemos participar en su desarrollo como divulgadores de su conocimiento, promoviendo las mejores prácticas de gestión en las zonas donde viven o donde desarrollan su trabajo diario.

 ¿Cómo se conecta este proyecto con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)?

JB: Para mí, este proyecto cubre una amplia gama



En CEMarin estamos encantados de felicitar a Josselyn y a todos los involucrados en este proyecto, el cual recibió un premio por su carácter innovador y educación ambiental ciudadana participativa por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia en su evento “Alfombra Verde” en septiembre de 2022.

<http://bit.ly/47Z5qkL>

de ODS, incluidas cuestiones relacionadas con la seguridad alimentaria (ODS 2 “Hambre Cero”), el empoderamiento comunitario y la educación (ODS 4 “Educación de calidad”, ODS 8 “Trabajo decente y crecimiento económico”, ODS 10 “Reducción de las desigualdades” y ODS 11 “Ciudades y comunidades sostenibles”), y la protección ambiental y los servicios ecosistémicos (ODS 13 “Acción por el clima” y ODS 14 “Vida submarina”). Por supuesto, debido a los muchos actores involucrados en el proyecto, también es un gran ejemplo del ODS 17 “Alianzas para los Objetivos”.

Finalmente, como mujer raizal -nativa del Archipiélago- y bióloga marina de formación, ¿qué significa para ti este tipo de proyecto basado en la ciencia ciudadana?

JB: Este tipo de proyectos, donde hay tantos científicos nacionales que han contribuido a la innovación y conservación de los ecosistemas a nivel global, me llena de gratitud. Ser providenciana y poder contribuir junto con la comunidad raizal a este tipo de investigaciones es de vital importancia para nuestra isla, más aún después del paso de dos destructivos huracanes y por los crecientes problemas ambientales causados por factores antropogénicos.

Sé que involucrar a la comunidad en este tipo de proyectos científicos dará muchos frutos en el futuro, y los resultados son gratificantes tanto para mi crecimiento profesional como para el crecimiento personal de los pescadores participantes.



Un científico ciudadano en acción - Foto: Josselyn Bryan

Acuicultura sostenible de camarón basada en insectos

En la carrera por satisfacer la creciente demanda mundial de alimentos, la acuicultura ha surgido como pionera y es reconocida como un pilar importante para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas, en particular los ODS 2 “Hambre cero” y ODS 1 “Fin de la pobreza”. La acuicultura ha surgido como una prometedora alternativa sostenible a la pesca tradicional, aportando significativamente a la consecución de los ODS 14 “Vida submarina” y ODS 15 “Vida en la tierra”. Sin embargo, la intensificación de la acuicultura también puede causar diversos problemas de sostenibilidad, como el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con el ODS 13 “Acción por el clima”, la destrucción masiva del hábitat y la sobrepesca de especies forrajeras relacionadas con los ODS 14 y 15, así como problemas sociales como los ODS 10 “Reducción de las desigualdades” y ODS 16 “Paz, justicia e instituciones sólidas”.

Por lo tanto, el objetivo de este proyecto es superar los límites de la sostenibilidad en la acuicultura, específicamente en la acuicultura en recirculación del camarón patiblanco del Pacífico (*Penaeus vannamei*). Este esfuerzo visionario se centra en dos áreas críticas: los sistemas alimentarios y agrícolas.

Creemos que la clave para aumentar la sostenibilidad de la acuicultura de camarón puede residir en alimentos a base de insectos producidos localmente. Esta iniciativa podría ayudar a reducir la destrucción del hábitat a causa de las técnicas de pesca insostenibles, la sobrepesca de especies forrajeras y la huella de carbono debido a distancias de transporte más cortas. Este proyecto profundiza en el uso de especies bien caracterizadas y estudiadas, como la mosca soldado negra (BSF por sus siglas en inglés), que se caracteriza por una rápida tasa de reproducción, un bajo riesgo de transmisión de enfermedades y unos costes de cría relativamente bajos. Además, el BSF está demostrando ser una fuente de proteína sostenible convincente con un perfil de aminoácidos similar a la harina de pescado. La sostenibilidad de los piensos en la acuicultura se puede mejorar aún más utilizando corrientes secundarias orgánicas no explotadas de la agricultura para criar BSF, ya que se puede criar en una variedad de sustratos. En nuestro proyecto, los camarones pueden alimentarse a base de BSF de dos maneras: un enfoque de baja tecnología en el que los camarones se alimentan directamente de las larvas de BSF, y un enfoque de alta tecnología en el que las larvas se convierten en harina, formulada con otros ingredientes.

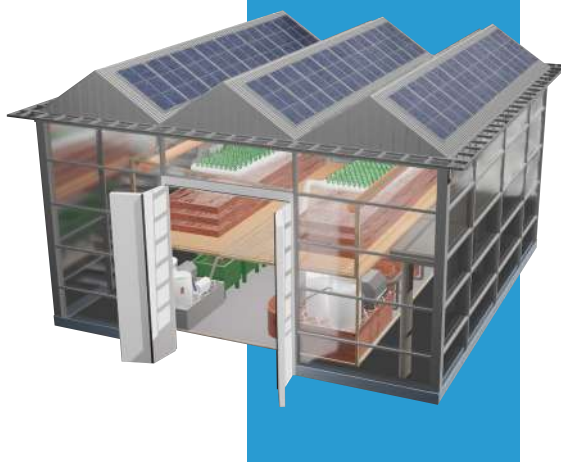
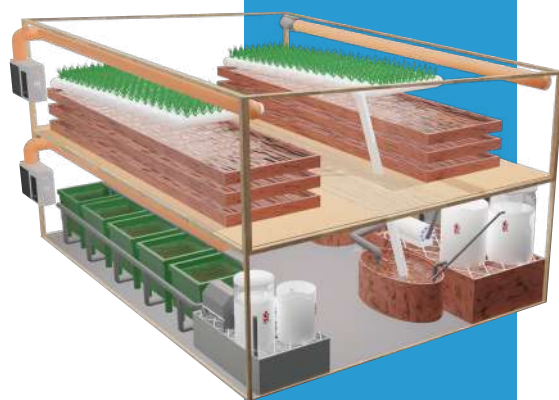


Camarón patiblanco comiendo una larva de BSF - Foto: Patrick Schubert

En un proyecto piloto en la Universidad Justus Liebig en Giessen, Alemania, esta visión se está haciendo realidad en colaboración con varios socios comerciales y de investigación. La instalación está protegida por una estructura interna de policarbonato y madera destinada a reciclar flujos de energía y materiales. La instalación alberga dos sistemas, uno que opera en un escenario de baja tecnología y sostenibilidad moderada y el otro en un escenario de tecnología avanzada y alta sostenibilidad. Este último utiliza tanques de madera y plástico reducido para las tuberías.

Sigue el modelo del Sistema de Acuicultura multitrófica de economía circular (CTAS, por sus siglas en inglés) al reutilizar todos los productos de los diversos componentes y especies del sistema (camarones, policultivo de filtración y acuaponía), maximizando la diversidad de la biomasa y minimizando el esfuerzo de filtración y la descarga de agua. Ambos sistemas son monitoreados por sensores, que se controlan mediante un sistema de control inteligente KNX. Esto posibilita la automatización de múltiples tareas, minimizando el error humano, reduciendo el consumo energético y permitiendo una gestión integral de diversos parámetros tanto de forma remota como in situ. El proyecto piloto funciona con energía solar con respecto al ODS 7 “Energía asequible y limpia”.

En resumen, nuestra nueva instalación de acuicultura de camarón basada en insectos es consistente con los ODS 1, 2, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15 y 16, y es un proyecto modelo de cómo puede ser la acuicultura sostenible.



Renders 3D del diseño de la instalación - Foto: Slim Bendag

Equipo: Slim Bendag, Annalena Barth, Patrick Schubert, Thomas Wilke



Tanques de acuicultura de madera y plástico - Foto: Slim Bendag

Acuaponía participativa en las comunidades pesqueras de Urabá

El proyecto “Acuaponía participativa en las comunidades pesqueras de Urabá” es otro ejemplo de acuicultura sostenible, cuyo propósito fundamental es generar un impacto positivo para las comunidades de los municipios de Turbo y Carepa, Antioquia. La acuaponía representa un sistema innovador de cultivo de plantas y peces que combina la acuicultura tradicional, es decir, la cría de animales acuáticos como peces, cangrejos y camarones, con la hidroponía, que se refiere al cultivo de plantas en el agua.

Este programa del CEMarin en colaboración con ColombiaCONNECT está orientado en obtener beneficios sociales para estas comunidades que han sido fuertemente afectadas por el conflicto armado colombiano (ODS 16). Parte esencial del proyecto es promover la igualdad de género y el empoderamiento femenino (ODS 5). En este sentido, se han vinculado madres cabezas de hogar, pescadoras y trabajadoras que no han tenido la posibilidad de experimentar un reconocimiento remunerado por sus labores. Por ende, el proyecto representa tanto una fuente de ingresos para ellas, como la oportunidad de capacitarse - de manera participativa y culturalmente respetuosa - en las especificidades de la acuaponía con especies autóctonas y en aspectos como la elaboración de estudios de mercado y planes de negocios.

Este sistema acuapónico, liderado por la Dra. Jenny Leal, profesora de la Universidad de Antioquia e investigadora CEMarin, tiene el propósito de alcanzar la autosostenibilidad tanto desde una perspectiva económica como operativa. Este proyecto tiene dos momentos: la etapa de capacitación que incluye las pruebas de las hortalizas, los peces, las densidades y el funcionamiento de este. Y la etapa de empoderamiento comercial, enfocada en producir alimentos localmente, evitando la necesidad de importarlos, reduciendo a su vez, los costos de la canasta familiar.



Capacitación técnica con algunas de las mujeres de Turbo - Foto: CEMarin



Las hortalizas cultivadas en el sistema de acuaponía - Foto: CEMarin

Expedición CEMarin-Nat Geo al corazón de la biodiversidad costera: el golfo de Tribugá y su importancia para las comunidades humanas del territorio



El Golfo de Tribugá visto desde un vehículo aéreo no tripulado (dron) - Foto: Equipo de la expedición

En los últimos años, el Golfo de Tribugá se ha convertido en un símbolo de la controversia entre desarrollo y conservación ambiental, a raíz de la propuesta de construcción y operación de un puerto de aguas profundas para el Pacífico colombiano, que compensaría el fracaso de no haber podido hacer el puerto en un área protegida: el Parque Nacional Natural Uramba Bahía Málaga. La principal razón de este fracaso radica en que la Bahía Málaga es un área reconocida a nivel mundial por su biodiversidad, albergando más de 770 especies de fauna y flora marinas. También es conocida por ser el hábitat de algunas especies emblemáticas, incluyendo 7 especies de mangle y las visitas estacionales de las ballenas jorobadas durante sus migraciones a la zona tropical.

Aunque es menos conocido, el Golfo de Tribugá es otra área prioritaria de conservación que requiere ser cobijada por alguna medida de protección. La designación de esta área como sitio prioritario para la conservación requiere de la integración del conocimiento científico con el conocimiento ancestral, para establecer los objetos de conservación y planes de manejo que hagan efectiva la designación y faciliten la utilización sostenible por parte de las comunidades del territorio. Designar el

Golfo de Tribugá como área marina protegida, que abarca tanto las áreas terrestres de la cordillera del Baudó como los ecosistemas anfibios y las áreas marinas circundantes, es fundamental para contribuir al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) por parte de Colombia.

Para profundizar el conocimiento científico incipiente sobre las características de los ecosistemas costeros (manglares, playas arenosas y costas rocosas) del Golfo de Tribugá, la Corporación Centro de Excelencia en Ciencias Marinas - CEMarin, en colaboración con The National Geographic Society - Nat Geo, planearon una expedición a los ecosistemas costeros del Golfo de Tribugá, así como a otras localidades cercanas a esta importante área costera del Chocó biogeográfico.

Para llevar a cabo la expedición científica, se convocaron investigadores de la Universidad del Valle y de la Universidad Tecnológica del Chocó, las dos instituciones con mayor conocimiento de estos ecosistemas en el área. El objetivo principal fue documentar la biodiversidad marina y establecer su importancia para la pesca a pequeña escala por parte de los pescadores de las comunidades locales. La misión de los expedicionarios fue reconocer los

principales componentes de peces y macrofauna de los ecosistemas de manglares, costas rocosas y playas arenosas del Golfo de Tribugá, y examinar la conectividad ecológica con otros ecosistemas costeros, comparando la composición de especies de fauna marina y las pesquerías de pequeña escala en ecosistemas adyacentes al golfo. Se investigaron dos lugares conocidos por su importancia ecológica: las áreas rocosas de Chachalito y de la Ensenada de Utría.

Durante seis días, cuatro investigadores de la Universidad del Valle: Jaime Ricardo Cantera-Kintz, Edgardo Londoño-Cruz, Juan Carlos Mejía Rentería y Andrés Carmona; dos de la Universidad Tecnológica del Chocó: Mauricio Bechara y Jhasbleidy Palacios; y dos del CEMarin: Ballantyne Puin Castaño y Andrés Fernando Osorio Arias, acompañados por cuatro miembros de la comunidad de Tribugá, recorrieron el golfo y sus tres afluentes: el río Tribugá, los esteros Matilde y Madre Vieja y la Quebrada Honda. Además, exploraron dos zonas rocosas cercanas, una localizada en la región de Chachalito y otra en la Ensenada de Utría, para la comparación de la biodiversidad. En estas localidades alternaron sus actividades de investigación entre faenas de pesca en estuarios y manglares en conjunto con los pescadores de Tribugá, observaciones de terreno y el uso de vehículos aéreos no tripulados (drones) y Sistemas de Información Geográfica sobre los patrones de distribución, estructura de los manglares y medición de variables oceanográficas superficiales y profundas en diferentes condiciones de marea, utilizando sondas multiparamétricas



Investigadores tomando muestras - Foto: Equipo de la expedición

Los principales resultados de la expedición son:

- 1 importancia de las especies ícticas en las pesquerías a pequeña escala.
- 2 características de los ecosistemas costeros y su biodiversidad.
- 3 datos de algunas variables oceanográficas en las áreas estuarinas.
- 4 lista preliminar de invertebrados marinos de los ecosistemas de manglares y costas rocosas.



Algunas de las especies encontradas en la expedición

Fotos: Equipo de la expedición

Se encontraron 21 géneros y 27 especies en las capturas realizadas. Las familias de peces mejor representadas fueron Lutjanidae (pargos) y Carangidae (jureles y buriques), con cinco y tres especies respectivamente. Además, se registraron especies como lisas, bagres, palometas, agujas,

Las comunidades de pescadores de pequeña escala de Tribugá han desarrollado prácticas de pesca que contribuyen a la conservación de especies de peces y, en general, de los recursos que utilizan como medios de vida. Tribugá es la primera población en prohibir totalmente el uso de artes de pesca de enmalle menor a 7 pulgadas de ojo y utilizar líneas de mano con tamaños de anzuelos que no afectan individuos juveniles. Esto ha permitido que más del 75% de los pobladores se dediquen a la pesca artesanal en grupos compuestos por familias y amigos, consumiendo en ocasiones el 100% de las capturas y, en otras, vendiéndolas en la cabecera municipal del municipio de Nuquí o haciendo trueques con productos agrícolas. Estas actividades contribuyen fuertemente al cumplimiento de los ODS: Fin de la pobreza (ODS 1), Producción y consumo responsable (ODS 12) y Vida submarina (ODS 14).

La investigación sobre los manglares permitió establecer que en esta pequeña área geográfica se presentan exuberantes bosques de manglares con todas las especies y los tres tipos fisiográficos comunes de la costa pacífica colombiana: bosques de barra arenosa (situados detrás de playas estabilizadas por vegetación rastrera), de ribera (alrededor de ríos, canales y esteros) y de borde (frente a formaciones rocosas elevadas). Cada uno con estructura y desarrollo correspondientes a manglares en buen estado de conservación, alcanzando en algunas zonas ribereñas cerca de 30 metros de altura. Los bosques presentan la zonificación, altura y biomasa característica de las especies de estos ecosistemas cuando no han sufrido intervención humana. En otras regiones se pudieron observar bosques casi puros de mangle piñuelo, mientras que en algunas, se encontraron árboles de gran altura y muy bien conservados. Todos estos indicadores muestran un excelente estado de la integridad ecológica de los bosques de manglar (ODS 15).

Los ecosistemas rocosos intermareales estudiados dentro del Golfo de Tribugá presentaron valores de biodiversidad relativamente más bajos que en otras regiones de la costa pacífica e incluso en las dos regiones cercanas utilizadas como referencia (Chachalito y Playa Blanca en la Ensenada de Utría). Este resultado es correspondiente con la baja abundancia de este ecosistema en el golfo.

Las variables oceanográficas presentan variaciones de salinidad, temperatura y sólidos disueltos tanto en el exterior como en el interior de la Ensenada, en concordancia con las mareas y también en profundidad presentando estratificación durante unas horas de marea y una mayor mezcla en otros momentos. Estos resultados demuestran que la Ensenada tiene un comportamiento estuarino.

Los resultados de la expedición ratificaron, en primer lugar, que no es un área apropiada para hacer un muelle de aguas profundas teniendo en cuenta sus características geomorfológicas, su comportamiento estuarino y su alta sedimentación. En segundo lugar, se destacó la importancia ecológica y económica de la Ensenada de Tribugá, tanto por el estado de conservación de sus bosques de manglar como por su biodiversidad, así como su relevancia como lugar de pesca de especies básicas en la seguridad alimentaria de los pobladores de esta región del Chocó. Finalmente, la expedición ayudó a comprobar que las decisiones de comunidades informadas y comprometidas contribuyen a la sostenibilidad ambiental y pueden ser fundamentales para establecer políticas de utilización sostenible, manejo y conservación de áreas estratégicas para el país, contribuyendo de manera práctica y concreta al cumplimiento de los ODS.





INFORMES CEMarin

Joven Investigadora CEMarin: Olga Lucia Torres Suárez

Estudiante doctoral en ciencias marinas, Universidad del Valle

Director e investigador CEMarin: Dr José Julián Tavera Vargas

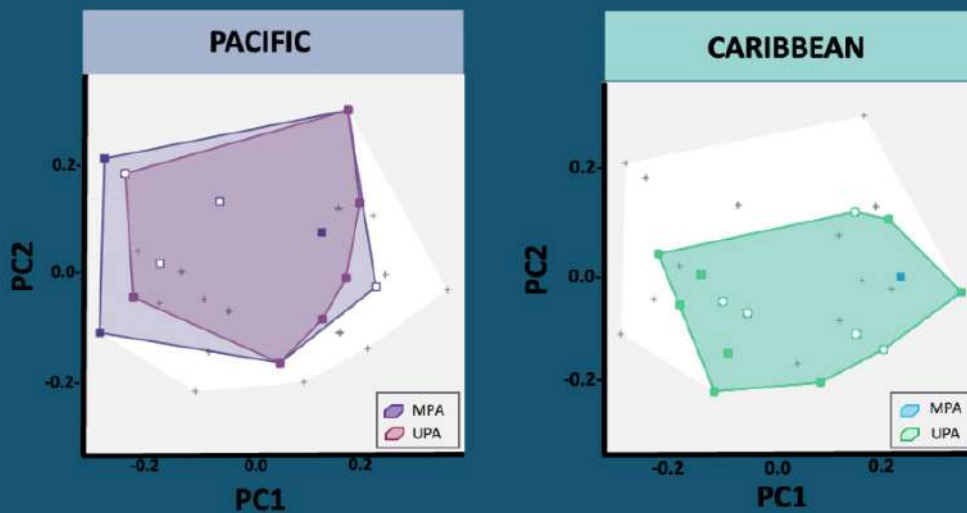
Universidad del Valle

Co-Director e investigador CEMarin: Dr Fernando Zapata

Universidad del Valle

Efecto de las áreas marinas protegidas sobre la diversidad taxonómica y funcional de peces en los arrecifes de coral del Pacífico y Caribe colombiano

Los peces son taxones diversos y abundantes en los arrecifes de coral, donde sustentan las funciones y la estabilidad de los ecosistemas, así como los servicios a las poblaciones humanas. Durante las últimas décadas, se han creado Áreas Marinas Protegidas (AMP) para preservar la biodiversidad de los arrecifes de coral al evitar la sobrepesca. Sin embargo, no se conocen los efectos de dicha protección sobre la diversidad de peces en las AMP colombianas. Es importante que la evaluación de los beneficios de las AMP se centre no sólo en las facetas taxonómicas de la biodiversidad, sino también en otros atributos como sus facetas funcionales, que son las que dan cuenta de las características ecológicas de las especies relacionadas con sus roles en estos ecosistemas.



Disimilitud funcional entre dos espacios funcionales. AMP: Áreas marinas protegidas, AUP: Áreas no protegidas.

El objetivo principal de este estudio fue evaluar la estructura comunitaria de tres familias diversas y claves en las cuencas del Caribe y Pacífico colombiano, en términos de diversidad funcional y taxonómica. Se estudiaron peces en 13 lugares con arrecifes de coral a través de vídeo estéreo a lo largo de transectos de 10 a 30 m, lo que permitió la identificación y medición de todos los individuos. Se calculó la biomasa de cada individuo, así como la biomasa relativa de cada especie en cada localidad. Calculamos la riqueza taxonómica y la entropía para cada especie presente en nuestro conjunto de datos y medimos cinco rasgos funcionales relacionados con las funciones de los peces: tamaño, dieta, área de distribución, gregarismo y posición en la columna de

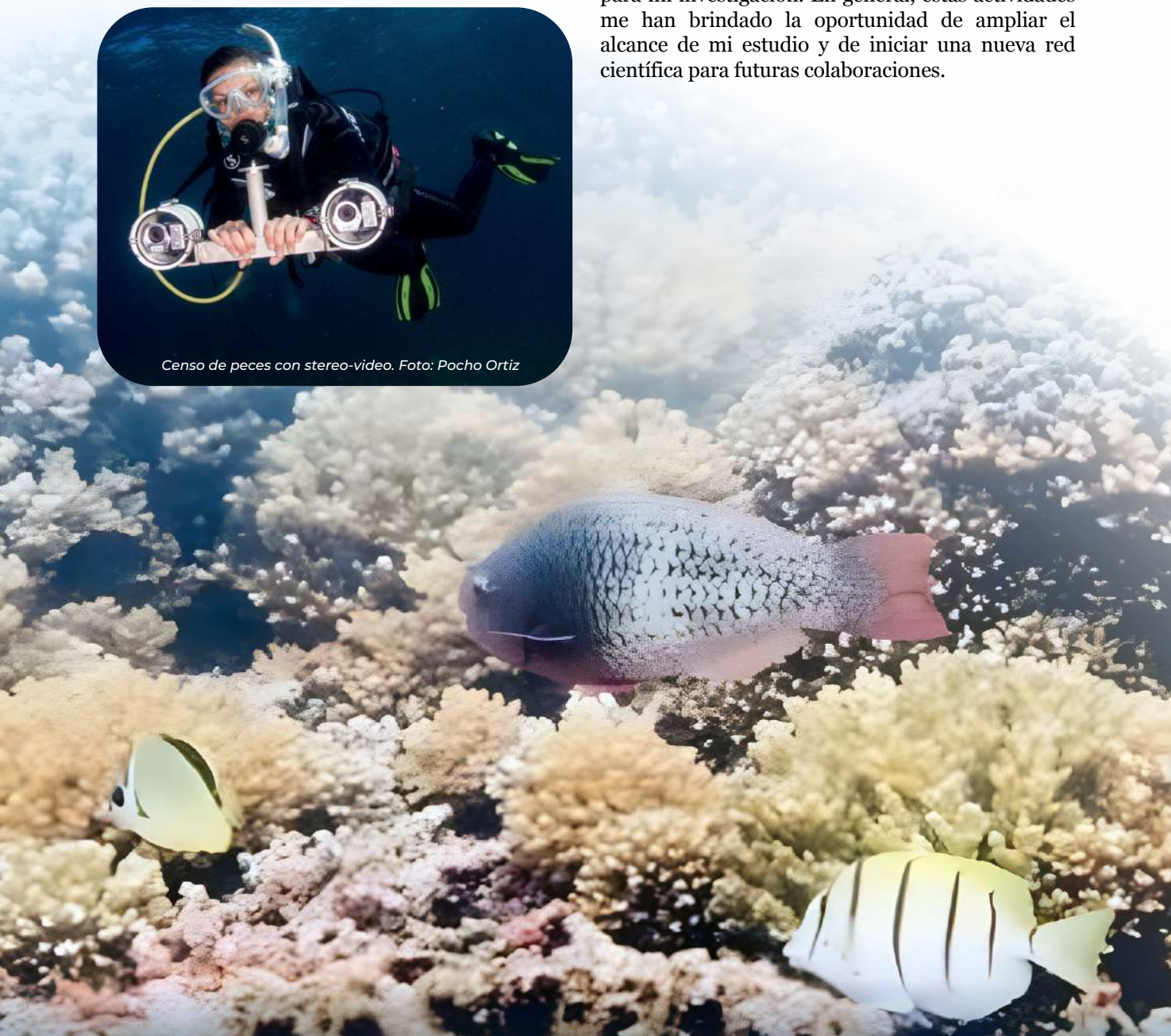
agua. Se calcularon cinco facetas de la diversidad funcional (riqueza, dispersión, identidad, especialización y redundancia) para cada ubicación. Además, calculamos la disimilitud taxonómica (componentes de rotación y anidamiento) entre ubicaciones en cada cuenca oceánica. La mayor riqueza taxonómica se dio dentro del Caribe, tanto en AMP como en áreas no protegidas. En contraste, la riqueza funcional (FRic), la especialización funcional (FSpe) y la redundancia funcional (FNnd), tuvieron valores más altos en la cuenca del Pacífico, donde solo una AMP tuvo el efecto de protección. La mayor disimilitud taxonómica y funcional se produjo en el Pacífico, aunque no se vio afectado por la protección.

En general, nuestro estudio destaca los beneficios de tener en cuenta la faceta funcional de la biodiversidad para tener una mejor comprensión de los efectos de las AMP no solo en Colombia, sino también en la región. Por lo tanto, esta investigación será de ayuda para complementar políticas de manejo que tiendan a preservar y restaurar ecosistemas estratégicos como los arrecifes de coral, así como avanzar en la categorización de especies clave. En este sentido, el estudio apoya los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que, en el ODS 14, exigen mejorar la conservación y el uso sostenible de los océanos y sus recursos, y aumentar el conocimiento científico en los países en desarrollo.

Me encantó cada paso de este proyecto de investigación. El trabajo de campo me dio la oportunidad de visitar hermosas áreas de arrecifes de coral con gran biodiversidad, pero a la vez me permitió ver las señales de su vulnerabilidad. Asimismo, tanto el trabajo de laboratorio como el computacional fueron procesos muy interesantes. Además, disfruté mi experiencia durante mi estancia de investigación, lo que me permitió conocer herramientas y análisis específicos para desarrollar este estudio. De igual forma, trabajar en este proyecto me permitió participar en congresos y talleres donde conocí a otros investigadores que trabajan en esta área y en otras disciplinas relevantes para mi investigación. En general, estas actividades me han brindado la oportunidad de ampliar el alcance de mi estudio y de iniciar una nueva red científica para futuras colaboraciones.



Censo de peces con stereo-video. Foto: Pocho Ortiz



Ensamblajes de peces de las familias Chaetodontidae, Acanthuridae y Labridae en un arrecife de coral del Pacífico colombiano.



INFORMES CEMarin

Joven Investigador CEMarin: Oscar David Caicedo Salcedo
Maestría en Ciencias Marinas, Universidad de los Andes

Directora e investigadora CEMarin: Dra. Susana Caballero
Universidad de los Andes

Riqueza, diversidad y cambios en la composición de las comunidades de vertebrados marinos en el Golfo de Tribugá, Colombia, basado en análisis de eDNA

El avance de las herramientas moleculares ha permitido la innovación hacia una nueva técnica conocida como ADN ambiental o eDNA por sus siglas en inglés. El ADN ambiental, consiste en ser casi un detective. Recopilas ADN que se encuentra en el ambiente, ya sea en entornos acuáticos, terrestres, sedimentarios e incluso en el aire, y procedes a realizar todo el trabajo molecular de amplificación, secuenciación e identificación. Es decir, lograr descifrar de quién es ese ADN.

Mi trabajo consistió en el primer análisis de eDNA para el Golfo de Tribugá, uno de los lugares con mayor diversidad del planeta. Los resultados fueron increíbles. Obtuvimos más de 200 especies marinas, incluyendo atunes, pargos, tiburones, sardinas, delfines y ballenas; además, logramos registrar especies de aves, mamíferos terrestres y unos cuantos anfibios. Adicionalmente, gracias a estos datos, conseguimos identificar algunos cambios en la comunidad marina durante los fenómenos migratorios que suceden en el Pacífico colombiano: la temporada de ballenas y la no muy conocida temporada de sardinas o agallonas. Esto también generó la visualización de dicha información y a considerar cómo se podría plantear un turismo responsable durante la temporada de sardinas (de abril a junio).

Por otro lado, los resultados de este trabajo son un punto de partida para aumentar el conocimiento biológico para la región y generar el empoderamiento de sus comunidades, ya que fueron partícipes fundamentales de este trabajo. Desde el transporte marino hasta la colecta de muestras fueron apoyadas por personas locales, de las cuales quiero resaltar la participación de tres jóvenes coquisefíos: Kevin, Kaleth y Elian. Ellos tomaron muestras de eDNA y uno de ellos me acompañó a un evento de ciencia llamado la Reunión Anual de la Asociación para la Biología y la Conservación Tropical (ATBC 2022 por sus siglas en inglés). Una oportunidad que, según sus palabras, le enseñó la verdadera importancia de su hogar: el Golfo de Tribugá.



Oscar David Caicedo y Elian Martínez como participantes en Workshop de eDNA, ATBC 2022



Kaleth Martínez, tomando muestras de eDNA en el Golfo de Tribugá.



INFORMES CEMarin

Exalumna CEMarin: Diana Marcela Arroyave Gómez PhD

Doctorado en Ciencias del Mar, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín

Director e investigador CEMarin: Dr. Francisco Mauricio Toro Botero

Universidad Nacional de Colombia, Medellín

Co-Director: Profesor Marco Bartoli Ph.D

Universidad de Parma, Italia

El impacto ambiental de las aguas residuales en zonas costeras desde enfoques experimentales y de modelización

A medida que la población mundial sigue en aumento, también se incrementa el volumen de aguas residuales, lo que finalmente ha llevado a un incremento de la carga contaminante, es decir, nutrientes, sólidos en suspensión y sustancias químicas. Esta situación se ha convertido en un grave problema mundial, que afecta a las zonas costeras y estuarinas cercanas a las salidas de aguas residuales y descargas de ríos. La calidad de las aguas superficiales que se ven afectadas por las aguas residuales no tratadas, continúa deteriorándose en numerosas partes del mundo, lo cual pone en peligro la diversidad biológica de los entornos receptores de las descargas, así como los servicios ecosistémicos que brindan, sumado a la capacidad de estas descargas para amortiguar los efectos perjudiciales del cambio climático.

La gestión adecuada de las aguas residuales puede contribuir al logro de varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), incluido el aumento de la disponibilidad de agua (ODS 6: Agua limpia y saneamiento), y la reducción del impacto ambiental de las aguas residuales (ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles, ODS 12: Producción y consumo responsables; ODS 13: Acción por el clima y ODS 14: Vida submarina).

Como la comprensión de los impactos de las aguas residuales en los ecosistemas costeros tropicales es esencial para desarrollar estrategias de gestión efectivas, estudiamos los procesos biogeoquímicos y físicos detrás de esto. El objetivo de esta investigación fue comprender el impacto ambiental de la descarga de aguas residuales del emisario de Santa Marta (SMO, por sus siglas en inglés) y su interacción con fenómenos naturales de surgencia en la Zona Costera de Santa Marta (ACSM, por sus siglas en inglés) en el Caribe colombiano. Para lograr esta investigación, aplicamos un enfoque experimental y modelación matemática.

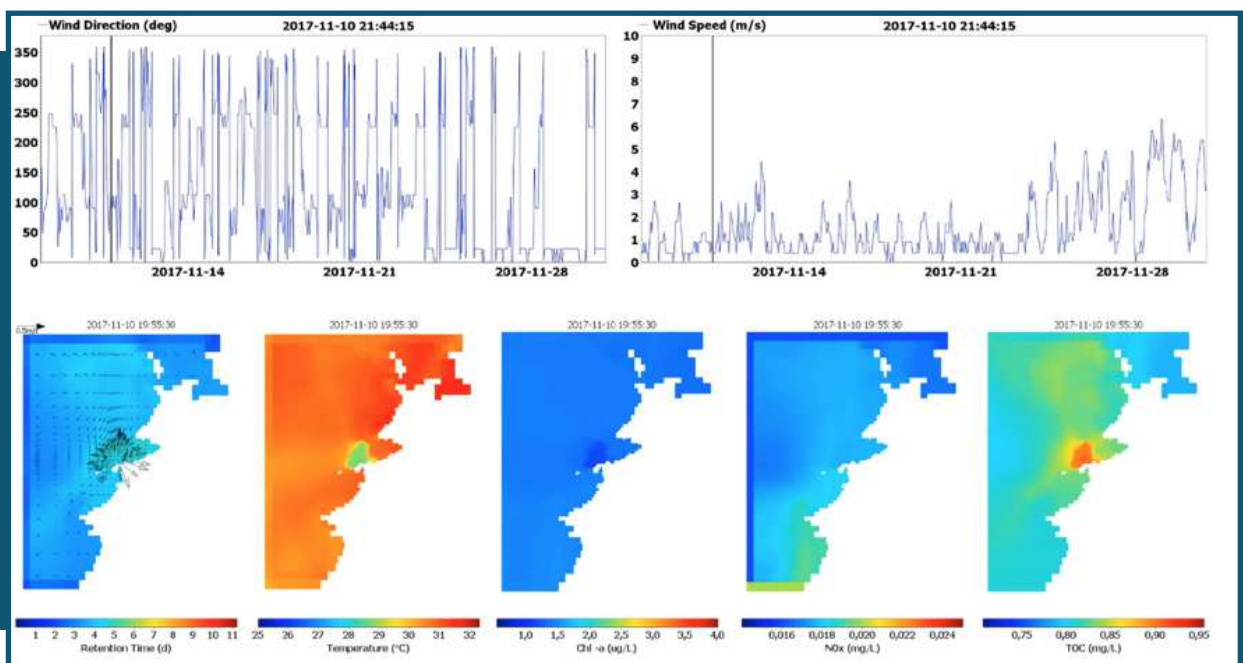
El trabajo experimental se centró en el sedimento porque representa el compartimento ecosistémico con mayor capacidad de acumulación de impactos. Los cambios en el sedimento se rastrearon mediante el uso de técnicas avanzadas para medir las características de los sedimentos y el metabolismo bentónico (p.ej., $\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$, desnitrificación, fijación de nitrógeno, etc.) en dos estaciones cercanas a la descarga de aguas residuales y dos estaciones de control. Por el contrario, los cambios en la columna de agua son más difíciles de evidenciar en las zonas costeras debido a los cortos tiempos de residencia y las altas capacidades de dilución. En el segundo enfoque, aplicamos un complejo modelo matemático hidrodinámico-ecológico 3D acoplado (AEM3D) en el SMCA para rastrear y predecir los cambios en las concentraciones de nutrientes y fitoplancton en la columna de agua.



Muestreo de núcleos de sedimentos para análisis biogeoquímicos en laboratorio. - Foto: Diana Marcela Arroyave Gómez

Hemos encontrado que la combinación de estos diferentes enfoques (experimental y de modelización) nos permite determinar el impacto ambiental de un emisario de aguas residuales en un ecosistema marino costero con una hidrodinámica altamente variable y compleja. Los sedimentos nos permitieron rastrear el impacto espacial del emisario a unos 1.800 m de distancia, mientras que el modelo mostró la estimulación del crecimiento del fitoplancton cerca de la columna del emisario durante cortos períodos de tiempo durante la temporada de afloramiento. Además, los sedimentos revelaron un impacto orgánico pronunciado en las proximidades de la descarga de aguas residuales, alterando la dinámica biogeoquímica de los sedimentos y el hábitat de los organismos bentónicos.

Nuestros resultados sugieren que combinar los enfoques experimentales y de modelización para estudiar el impacto de las aguas residuales en los ecosistemas marinos es cada vez más importante debido a las crecientes presiones antropogénicas sobre las zonas costeras y las cuencas hidrográficas, y a los cambios globales en curso que afectan el clima, los patrones de viento, la temperatura del agua y las tasas de mezcla. Comprender la sinergia de varios procesos físicos, químicos y biológicos es esencial para desarrollar estrategias efectivas de gestión de aguas residuales en zonas costeras que contribuyan al logro de los ODS.



Resultados de simulaciones de las variables fisicoquímicas, hidrodinámicas y biológicas (tiempo de residencia del agua, temperatura, clorofila-a y nutrientes) con el modelo matemático hidrodinámico-ecológico 3D (AEM3D)

Publicaciones asociadas:

Arroyave Gómez DM, Bartoli M, Bresciani M, Luciani G, Toro-Botero M (2021) Biogeochemical modeling of a tropical coastal area undergoing seasonal upwelling and impacted by untreated submarine outfall. *Marine Pollution Bulletin*, 172: 112771 doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112771

Arroyave Gómez DM, Gallego Suárez D, Bartoli M, Toro-Botero M (2020) Spatial and seasonal variability of sedimentary features and nitrogen benthic metabolism in a tropical coastal area (Taganga Bay, Colombia Caribbean) impacted by a sewage outfall. *Biogeochemistry*, 150:85–107 doi.org/10.1007/s10533-020-00689-0