

N° 03 Octubre de 2022

# Sonar

ISSN: 2744-9343

Foto: Jan Sochor / Alamy Stock Photo

Replanteando el concepto de innovación

## En esta edición participan

**Andrés Fernando Osorio, PhD,**  
Dir. Ejecutivo CEMarin, Profesor Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín

**Thomas Wilke, PhD,**  
Vice Director Ejecutivo del CEMarin, Profesor y Decano de la Facultad de Biología y Química, Universidad Justus Liebig Giessen

**Gordon Wilmsmeier, PhD,**  
Investigador CEMarin, Profesor de la Universidad de los Andes

**Diana López, PhD,**  
Profesora de Ing. Mecánica de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín

**Ana Isabel Márquez Pérez, PhD,**  
Investigadora CEMarin, Profesora de la Universidad Nacional de Colombia Sede Caribe

**Paula Zapata Ramírez, PhD,**  
Investigadora Asociada CEMarin, Profesora de la Universidad Pontificia Bolivariana

**Santiago Martínez Ochoa,**  
Director de Sostenibilidad y Descarbonización de Ecopetrol

**Manuel Sevilla PhD,**  
Investigador Asociado CEMarin, Profesor de la Pontificia Universidad Javeriana Cali

**Ballantyne Puin Castaño,**  
Joven Investigadora CEMarin, Estudiante de Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia

**Jordan Estiven Ruiz-Toquica,**  
Joven Investigador CEMarin, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano Sede Santa Marta

**Margarita Eugenia López-Alzate,**  
Joven Investigadora CEMarin, Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá

**Ángela María Gómez García, PhD,**  
Ex alumna CEMarin, Centro Alemán de Investigación en Geociencias (GFZ)

## Equipo Editorial CEMarin

**Irene Lema**  
Directora de Comunicaciones

**Louise Lowe**  
Creadora de Contenido

**Emmanuela Daza**  
Gestora Científica

**Jorge Mario Ordóñez Duque**  
Diseño Gráfico

## Equipo administrativo CEMarin

**Marcela Sánchez** - Directora Administrativa

**Aída Acevedo** - Coordinadora Administrativa

**Juan Diego Bohórquez** - Asistente de administración y comunicaciones

# sonar

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

©2022. 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](mailto:info@cemarin.org)

Sonar se publica anualmente por el CEMarin.  
Carrera 21 No. 35-53, Bogotá, Colombia.

ISSN: 2744-9343



# CONTENIDO

## 1 Editorial

### Tendencias Globales

## 2 Tendencias globales en navegación

## 5 Hablemos de soluciones frente a la crisis climática: Carbono azul

### Colombia

## 7 Innovación para la navegación sostenible en Colombia

## 11 El Festival de navegación tradicional del caribe insular

## 14 A bordo del Argo: un viaje hasta las entrañas del océano

## 17 Ecopetrol, con los ojos puestos en la transición energética

### Proyectos CEMarin

## 22 El Otro Mar: narrando la ciencia a través del arte

## 24 Notas del campo: aprendizaje mutuo para la resiliencia climática en Punta Soldado

### Reportes CEMarin

## 26 Informe de Investigación I

## 28 Informe de Investigación II

## 30 Informe de exalumno CEMarin

### Podcast por los océanos

## 32 Servicios ecosistémicos: ¿Cómo interpretamos el valor de la naturaleza?



# Replanteando el concepto de innovación

“Nos hemos obsesionado con una idea de innovación que no solo está equivocada, sino que también es peligrosa, asegura Dan Breznitz, codirector del Laboratorio de Políticas de Innovación de la Universidad de Toronto. También afirma que reducir la innovación a inventos tecnológicos está cada vez más lejos de las verdaderas fuerzas innovadoras en el mundo. Para Breznitz, la innovación es “la actualización de ideas en todos los niveles de producción de bienes y servicios. Incluye los cambios y las mejoras a una idea inicial, las distintas maneras de producción o la forma de vender un producto o un servicio”<sup>1</sup>

Al pensar estas ideas desde nuestro trabajo en CEMarin, y en el contexto Latinoamericano, se abre un abanico de posibles estrategias para abordar en estos tiempos. Las ciencias marinas -como un campo diverso e interdisciplinario- y nuestros océanos -con todas las interdependencias que tienen con nuestros modelos de desarrollo y nuestras sociedades- requieren de una conceptualización amplia de innovación para gestionar y superar los grandes retos que enfrentamos hoy en día. Por lo tanto, decidimos dedicar esta tercera edición del Sonar al concepto de innovación.

Como un consorcio académico binacional, con un pie en Colombia y el otro en Alemania, reconocemos que la innovación puede representar cosas distintas en lugares distintos. En 2021, Alemania ocupó el cuarto lugar en el Índice de Innovación de la revista Bloomberg, mientras Colombia no figuró entre los 60 países de la lista<sup>2</sup>. Sin embargo, para entender, replantear y finalmente promover la innovación, es necesario un diálogo bidireccional que facilite el intercambio de experiencias, conocimientos e ideas entre los dos países porque, sin duda alguna, ambos tienen mucho para ofrecer al otro. Nuestra experiencia de trabajo conjunto, tanto entre investigadores como con otros actores, nos ha enseñado

sobre la capacidad de adaptación y resiliencia que se puede generar en el contexto colombiano, para fortalecer y dirigir la innovación a las áreas y estrategias más importantes.

Las soluciones tecnológicas y de ingeniería son clave para orientar la investigación científica y la toma de decisiones políticas en el marco del Decenio de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible, pero también lo son la ciencia ciudadana y los conocimientos y prácticas ancestrales y tradicionales. Por lo tanto, una comprensión amplia de lo que es la innovación, es fundamental para tener una visión estratégica a largo plazo, para aprovechar los avances tecnológicos de forma oportuna y accesible, y asegurar impactos eficaces y efectivos para nuestros océanos y nuestras sociedades.

Esta edición del **Sonar** recopila diversos proyectos, tendencias y actores involucrados en la innovación en las ciencias marinas, con el objetivo de explorar lo que significa este concepto en todo su espectro, tanto en el día a día de la esfera académica, así como en la vida cotidiana de las comunidades que dependen de los océanos. Los invitamos a sumergirse en esta nueva edición, que busca estimular la imaginación de nuestra comunidad científica y todos aquellos que trabajan por los océanos.

<sup>1</sup> Barría, C. (22/09/21). “Nos hemos obsesionado con una idea de innovación que no solo está equivocada, sino que también es peligrosa.” BBC News Mundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-58602232>

<sup>2</sup> European Commission (04/06/21). Bloomberg Innovation Index 2021. <https://ec.europa.eu/newsroom/rtd/items/713430/>

<sup>1</sup> Profesor Universidad Nacional de Colombia, Director Ejecutivo del CEMarin

<sup>2</sup> Profesor Decano de la Facultad de Biología y Química, Universidad Justus Liebig Giessen Vice Director Ejecutivo del CEMarin

# Tendencias globales en navegación: innovación para la descarbonización

**E**l transporte marítimo -incluyendo la navegación doméstica, internacional y la pesca-, es un pilar fundamental de la economía global, pero es también responsable del 3% de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI)<sup>1</sup>, aproximadamente. Adicionalmente, genera otras formas de contaminación aérea, acuática y acústica, que impactan de manera negativa los ecosistemas marino-costeros. Si bien existen importantes iniciativas como la economía circular y sistemas de manufactura costa adentro que reducen el volumen de carga, la creciente demanda de servicios marítimos de transporte hace que la transición a formas de operación con menor impacto sea una pregunta crucial para la industria, los tomadores de decisiones y otros actores involucrados.

En abril de 2018, la Organización Marítima Internacional (OMI) adoptó una estrategia inicial de reducción de GEI. Sin embargo, la cuota de emisiones antropogénicas en esta industria a nivel global ha seguido en aumento: las predicciones sugieren que para el año 2050, las emisiones serán 30% más altas que en el año 2008, mientras que el objetivo de la estrategia de la OMI es reducir el 50% de emisiones en el mismo rango de tiempo<sup>2</sup>. Por otra parte, además de estas acciones multilaterales, hay un enorme rango de iniciativas que están siendo desarrolladas por actores como la academia y la sociedad civil. Aquí incluimos algunos proyectos innovadores en términos de transición energética en navegación alrededor del mundo, que en conjunto muestran cómo la naturaleza puede ser una fuente de soluciones y el mejor aliado para alcanzar la descarbonización.

## Propulsión eólica y navegación asistida por el viento<sup>3</sup>

Los importantes avances en *software* de navegación por viento y clima, han permitido que la propulsión por viento sea una estrategia viable e importante para la industria de transporte marítimo. Esto per-



WP & WASP Foto: International Windship Association

mite reducir la dependencia de fuentes de energía tradicionales, eliminando de manera gradual las embarcaciones de motor tradicionales, al tiempo que se mantienen las operaciones en los márgenes de volumen y tiempo requeridos.

Las embarcaciones de motor asistidas por viento, es decir, buques adaptados con sistemas de propulsión eólica auxiliar, pueden reducir el consumo de combustible entre el 10 y 30%, limitando el desgaste en motores y otras máquinas, además de reducir la vibración. En condiciones ideales, estas embarcaciones híbridas pueden reducir el consumo de combustible hasta el 70%, mientras que mantienen la opción de trabajar con propulsión mixta o tradicional de acuerdo a las necesidades. Por otra parte, se estima que las embarcaciones híbridas de propulsión por gas ofrecen un ahorro de combustible de alrededor del 50% anual; lo cual representaría una reducción importante de emisiones de GEI en el caso de una implementación a gran escala. Finalmente, las embarcaciones puramente eólicas, con un motor auxiliar en caso de condiciones climáticas adversas, tienen la capacidad de reducir el consumo de combustible hasta

casi el 100%, si bien su uso estaría restringido a rutas específicas de navegación con condiciones confiables. De acuerdo a la Asociación Internacional de Embarcaciones de Viento, un amplio rango de compañías de transporte marítimo, principalmente basadas en Europa, Estados Unidos, Japón y Australia, están trabajando en el desarrollo de un portafolio de soluciones verdes e innovadoras asociadas con el viento.

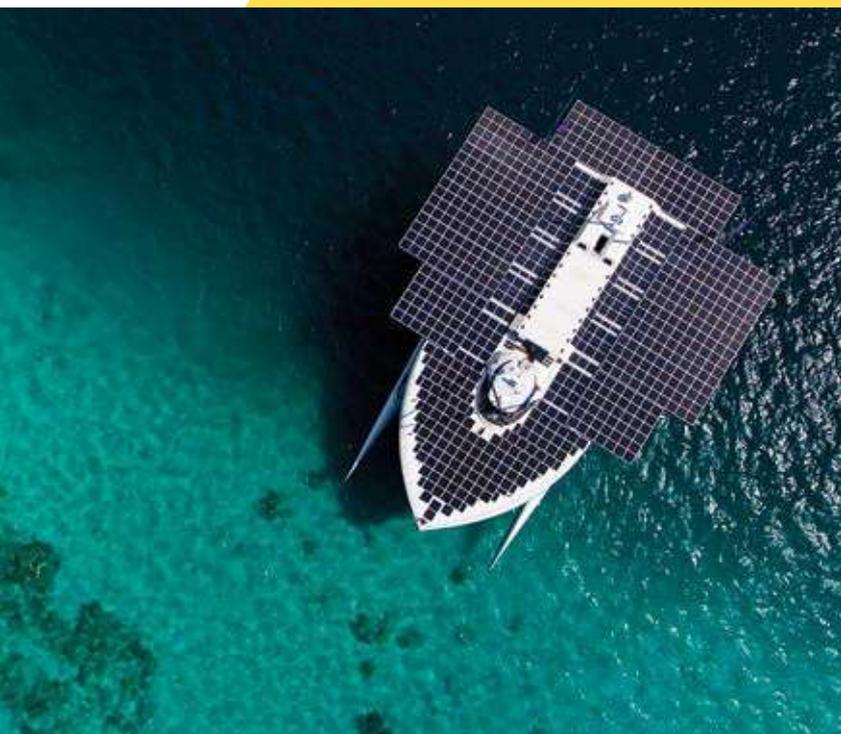
### **MS Porrima: tecnología solar, eólica y de producción de hidrógeno a bordo**<sup>4</sup>

En la tarea de incorporar las tecnologías relacionadas con el viento, el MS Porrima está rompiendo récords a escala global. Esta fue la primera embarcación en circunnavegar el globo mediante propulsión eólica y en su diseño llama la atención por su innovadora combinación de energía solar y propulsión por viento, sumada a la producción de hidrógeno a bordo; tres fuentes de energía complementarias que, de acuerdo a sus desarrolladores, permiten mantener la navegación en todo tipo de condiciones. Desarrollado a través de la cooperación entre el

Instituto de Investigación para Emisiones Cero de Tokio y el emprendedor Belga Gunter Pauli, autor del libro *Economía Azul: 10 años - 100 innovaciones - 100 millones de trabajos*, el MS Porrima es propiedad de la compañía suiza *Blue Innovations*, que se enfoca en estrategias de innovación disruptiva cuyo objetivo es extender los límites de la tecnología, denominadas “moonshot”.

El MS Porrima tiene 516 metros cuadrados de paneles solares y 8 toneladas de baterías de litio; con seis horas de luz solar por día, la embarcación puede navegar a cinco nudos por 24 horas, lo cual representa aproximadamente 240 kilómetros por día. Ante la ausencia de fuentes solares, las baterías tienen una duración de dos días, de manera que la embarcación usa una cometa operada con inteligencia artificial, que aprovecha el viento desde 170 metros de altura y tira del barco a 10 nudos, el doble de velocidad que los motores eléctricos. Al mismo tiempo, los propulsores se invierten, lo cual permite cargar las baterías. El aspecto más novedoso del MS Porrima es que su capacidad combinada de energía solar y eólica tiende a generar un enorme exceso de energía que no se desperdicia: cuando el barco está atracado, la energía sobrante se utiliza para producir hidrógeno a partir del agua de mar, almacenando hasta 300 kg de hidrógeno, que puede proporcionar hasta siete días más de energía.

Como si esto fuera poco, el equipo detrás del MS Porrima se encuentra también desarrollando dos estrategias revolucionarias para probar a bordo: la pesca con redes de burbujas de aire, para pescar de la misma manera que los delfines y las ballenas, lo cual permite capturar sólo a los machos y liberar a todas las hembras que puedan llevar huevos, así como el uso de microfluidos que pueden remover nano plásticos del fondo del mar en un proceso similar a el que emplean los pulmones humanos cuando eliminan el CO<sub>2</sub> de nuestra sangre.



MS Porrima. Foto: MS Porrima

<sup>1</sup> International Maritime Organization (2021). Fourth IMO GHG Study 2020.

<sup>2</sup> Stone, M. (12/11/2021). The shipping industry faces a climate crisis reckoning – will it decarbonize? The Guardian.

<sup>3</sup> International Windship Association (s.f.). Wind Propulsion (WP) & Wind Assist Shipping Projects (WASP)



Foto: Giz

## Las Islas Marshall: a la cabeza del transporte marítimo con bajas emisiones <sup>5</sup>

La República de las Islas Marshall, ubicada cerca del Ecuador en el Océano Pacífico, al igual que todas las sociedades y países insulares, tienen necesidades de navegación importantes, en dinámicas que no están vinculadas únicamente con la industria global del transporte marítimo. Allí, el transporte marítimo se requiere para casi todos los tipos de actividad económica, además de la conectividad de la población con bienes y servicios públicos como educación y salud. En buena medida, innovar en términos de navegación fortalece la resiliencia del país y permite su adaptación a los impactos del cambio climático. Vale la pena señalar que las Islas Marshall es líder mundial en la defensa de la acción frente al cambio climático y es, hoy en día, el único país que ha incluido de manera explícita el transporte marítimo doméstico en sus Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional, establecidas en el marco del Acuerdo de París de 2015. Su meta es reducir las GEI en este sector en 40% para el 2030 y lograr emisiones cero para el 2050.

En colaboración con la Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional (*Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, GIZ*), las Islas Marshall están reduciendo sus emisiones de GEI y transicionando a un transporte marítimo eficiente a través del desarrollo y testeado de tecnologías de

propulsión bajas en carbono. La primera fase del proyecto se enfoca en la medición de la eficiencia económica y emisiones del transporte marítimo de las Islas, para tener una línea base sobre la cual desarrollar y analizar las tecnologías de propulsión bajas en carbono que sean apropiadas para el sector. La segunda fase se concentra en el diseño y construcción de diferentes tecnologías de propulsión, que serán testeadas por la *Marshall Islands Shipping Corporation*. Finalmente, los resultados del proyecto serán compartidos con otros países insulares del Pacífico, así como otros países con una población insular significativa alrededor del mundo –incluyendo Colombia–, para promover la transición a escala global desde y hacia algunas de las naciones más vulnerables a los efectos del cambio climático.



Estos prototipos y estrategias de innovación en la navegación demuestran los esfuerzos que se están llevando a cabo en diferentes partes del mundo, y la necesidad de contar con tecnologías y regulaciones más eficaces en la navegación es evidente. Aunque no sean fáciles de implementar a gran escala en el corto plazo, su visibilización contribuye a impulsar su comercialización y volverlos más asequibles en otros contextos. A nivel nacional en Colombia, también existen iniciativas en este campo, los invitamos a seguir leyendo esta edición de Sonar para conocer algunas de ellas.

<sup>4</sup> H2 Business News (19/04/22). Conoce el MS Porríma: primer barco que integra la producción de hidrógeno a bordo a partir de agua de mar.; MS PORRIMA [porrima.org](http://porrima.org)

<sup>5</sup> Giz (Marzo 2022). *Transitioning to Low Carbon Sea Transport*.

## Hablemos de soluciones frente a la crisis climática: el carbono azul

Una de las estrategias de mitigación más conocidas frente a la crisis climática, es la captura o “secuestro” de carbono. En este mismo sentido, una de las acciones primarias en la lucha climática es la protección de bosques y selvas. No obstante, aquellos que trabajan de cerca con ecosistemas marino-costeros, saben que “cerca del 60% del carbono acumulado de los bosques del mundo está en las franjas intermareales”<sup>1</sup>, mientras que los ecosistemas marino-costeros pueden almacenar entre 10 y 100 veces más carbono que los bosques del planeta<sup>2</sup>.

El término carbono azul o *Blue Carbon*, hace referencia de manera global al carbono que captura el océano. Sin embargo, son sólo tres tipos de ecosistemas marino-costeros -los manglares, los pastos marinos y las marismas o humedales- aquellos encargados de almacenar más de la mitad del carbono azul del planeta. Cifras recientes indican que en el caso de los pastos marinos, se pierde cerca del 7% de este hábitat cada año. En el caso de los manglares, se pierden a una tasa del 2% anual, mientras que entre el 1 y 2% de las marismas, esteros y humedales costeros desaparecen cada año. Estas pérdidas son además un arma de doble filo, pues cuando estos ecosistemas se degradan, no solamente interrumpimos el ciclo del carbono y su almacenamiento, sino que también se libera el CO<sub>2</sub> que ya se encuentra secuestrado por milenios en estos ecosistemas. Se estima que se emiten más de mil millones de toneladas de dióxido de carbono anuales desde estos ecosistemas degradados.

Con sólo estas cifras resulta sencillo entender la enorme importancia de la protección de estos ecosistemas en la lucha climática. Tal y como señala la Asociación Internacional para el Carbono Azul: proteger y restaurar los manglares, las marismas y humedales, así como los pastos marinos, nunca fue tan importante. Los marcos de trabajo establecidos en virtud del Acuerdo de París de 2015, en conjunto con las recomendaciones técnicas del Panel Intergubernamental de Cambio Climático -IPCC, por sus siglas en inglés-, generan una estructura sobre la cual los países pueden establecer políticas nacionales para el manejo del carbono azul. “Sin embargo, las brechas en la ciencia y los datos, la capacidad técnica faltante para la medición, el informe y la verificación o los arreglos institucionales complejos pueden presentar barreras importantes para el desarrollo de políticas nacionales”<sup>3</sup>.



Foto: Manglar. Carbono azul

<sup>1</sup> Piedrahita Tamayo, N. (22/04/20). Colombia, despensa de carbono azul. UdeA Noticias. <https://bit.ly/3vUBix7>

<sup>2</sup> <https://bluecarbonpartnership.org>

<sup>3</sup> Ibid

<sup>4</sup> Ibid



Foto: Ballantyne Puin Castaño

El caso colombiano es un muy buen ejemplo de ello. Colombia es el cuarto país del continente con mayor extensión de manglares, con 300.000 hectáreas de suelo. De acuerdo al investigador CEMarin y profesor de la Universidad de Antioquia Juan Felipe Blanco-Libreros, el promedio nacional es de 527 toneladas de carbono azul por hectárea sobre el suelo. Además, “investigaciones recientes evidencian que los manglares del Pacífico, al sur del país —en los departamentos de Nariño, Cauca y Valle—, están considerados entre los más altos del mundo, ya que esa zona reúne las condiciones —lluvias, descarga constante de aguas de río y ausencia de ciclones— para que los manglares crezcan y mantengan una producción elevada de carbono azul”<sup>34</sup>.

La recientemente sancionada Ley 2243 de 2022, que garantiza la protección, restauración y conservación de los ecosistemas de manglar en Colombia, es un avance importante en este sentido. Igualmente, las múltiples iniciativas de conservación de manglar que se llevan a cabo desde hace algunos años en el país, como la de Cispatá y la del Golfo de Morrosquillo, lideradas por Conservación Internacional y en compañía de otras organizaciones, permiten visibilizar rutas de trabajo. De acuerdo al investigador CEMarin y profesor de la Universidad Nacional de Colombia Ernesto Mancera, un estudio reciente contabilizó más de 80 iniciativas de protección y restauración de manglares en el país. Sin embargo, para una transformación en la escala y velocidad que la crisis climática requiere,

es necesaria una sistematización de estas iniciativas, además de la construcción de mecanismos de financiación que viabilicen esta tarea.

La Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos -NOOA, por sus siglas en inglés-, señala la utilidad de incluir los ecosistemas marino-costeros en el mercado de carbono, mediante la compra y venta de bonos de carbono azul. Aún así, la compra y venta de estos bonos distan todavía de ser parte de la cotidianidad nacional.

De acuerdo a Santiago Martínez, director de Sostenibilidad y Descarbonización de Ecopetrol, los bonos de carbono azul pueden significar una oportunidad interesante dentro de su ambicioso programa de transición energética, pero también representan una serie de costos y limitaciones técnicas que aún deben ser resueltas. Por su parte, *Fondo Acción* lanzó en 2020 su Unidad de Carbono Verde y Azul (UCV&A), con el objetivo de compartir la experiencia y habilidades desarrolladas en el diseño, implementación, certificación y comercialización de proyectos de carbono forestal en Colombia. *Fondo Acción* es actualmente el agente implementador del Portafolio REDD+ Comunitario, y espera apoyar la emisión de bonos de carbono para el mercado nacional e internacional en 2022 -4 millones de toneladas aproximadamente-. *Fondo Acción* y su UCV&A hace parte del primer proyecto de carbono azul del país.

## COLOMBIA

Equipo CEMarin con la participación de: Gordon Wilmsmeier, PhD, Investigador CEMarin, Profesor de la Universidad de los Andes Diana López, PhD, Profesora de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín

# Innovación para la navegación sostenible en Colombia<sup>1</sup>

La pesca artesanal y particularmente la recolección de piangua<sup>2</sup>, es un trabajo duro. En un día normal, pescadores y mujeres recolectoras trabajan hasta doce horas, enfrentando el riesgo de encontrarse con serpientes, rayas y otros animales, mientras están expuestos a mosquitos y enfermedades como el dengue y la malaria. Estos riesgos incrementan con el tiempo, pues la sobreexplotación obliga a hombres y mujeres a recorrer distancias cada vez más largas para completar su faena. Al mismo tiempo, a medida que estos riesgos se incrementan, las ganancias disminuyen debido al costo energético en combustibles como la gasolina, cuyo valor se ve afectado por la volatilidad del mercado del petróleo.

Para la costa pacífica de Colombia, en poblaciones como Santa Bárbara de Iscuandé en el departamento de Nariño y Guapi, justo al norte en el departamento del Cauca, la navegación fluvial es un eje central de la vida cotidiana, no solo para la pesca y la comercialización de sus productos deri-

vados, sino también para actividades diarias que están conectadas con la periferia en términos de infraestructura, servicios públicos y acceso a otras comunidades. A continuación describimos cómo estas dos comunidades trabajan mano a mano con investigadores de diferentes universidades del país para superar su dependencia de fuentes tradicionales de energía, así como los beneficios que estas transiciones pueden traer a las comunidades y a los ecosistemas marino-costeros que se relacionan con ellas.

### Energía renovable en Nariño

Santa Bárbara de Iscuandé cuenta con una serie de condiciones que lo convierten en un lugar ideal para desarrollar un proyecto de electromovilidad: una región con una importante tradición en la conservación del manglar y un trabajo con la comunidad liderado por las recolectoras de piangua que ocupan un rol clave en la economía y sociedad locales. El problema fundamental que enfrentaba esta comunidad eran los altos costos de transporte asociados



Mapa de Colombia, departamentos de Cauca y Nariño. Poblaciones de Guapi y Santa Bárbara - Iscuandé. Imagen: JMOD

con la navegación fluvial, en contraste con el valor del producto en los mercados locales y nacionales. Además, las embarcaciones tradicionales de motor también contribuían a problemas como las emisiones de gas efecto invernadero, así como la contaminación acuática y acústica, todo con diferentes escalas de impacto en la escala local, nacional y global.

El Dr. Gordon Wilmsmeier, silla profesoral *Kühne* en logística en la Universidad de los Andes sede Bogotá e investigador CEMarin con una amplia experiencia en universidades de Europa y organizaciones multilaterales alrededor del mundo, escogió Santa Bárbara en compañía de su equipo de trabajo para pilotear un programa de motores eléctricos impulsados por energía solar. Como un experto en geografía marítima, comercio internacional y logística, así como en manejo de riesgos, Wilmsmeier se enfocó en desarrollar métodos más sostenibles para la navegación fluvial, así como para mejorar la sostenibilidad de actividades relacionadas con la pesca -tanto a nivel ambiental como económico- en algunas de las áreas más remotas e inaccesibles de Colombia.

Después de negociaciones con la comunidad, el proyecto recibió financiación de los gobiernos de Alemania y Colombia, y en 2019 los primeros cuatro motores eléctricos fueron adquiridos de su productor alemán, Torquedo, y trasladados a Santa Bárbara. En febrero de 2020, la primera estación de carga solar eléctrica de funcionamiento náutico fue instalada en Colombia, con el apoyo de los líderes de la comunidad local y las asociaciones de pescadores que se encargan de administrarla, para aprovechar



Santa Bárbara - Iscuandé. Foto: Centro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para América Latina

el potencial de energía solar de la zona. El proyecto ha demostrado que usar energía solar evita la dependencia de combustibles fósiles de las mujeres que se dedican a la recolección de piangüa, y las ha empoderado para incrementar la movilidad dentro de la comunidad de Santa Bárbara.

Estos motores también tienen el beneficio de reducir la contaminación acústica, generando ruido de tan solo 45 decibeles, equivalentes al sonido de fondo de una biblioteca. Igualmente, los beneficios de la reducción del sonido se evidencian en el ecosistema, pues este modo casi silencioso de trans-

<sup>1</sup>Taborda, C. (2019). Gordon Wilmsmeier: el alemán que trabajó para implementar botes eléctricos en el Pacífico. Seaonet. Valenzuela, S. (09/03/20). Botes con energía solar en Nariño: Una lección de energía renovable. Centro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para América Latina.

Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia (2022). Econavipesca del Pacífico avances y retos.

Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia (2022). Econavipesca del Pacífico: ecosistema para la navegación pesquera sustentable en el municipio de Guapi, Cauca.

<sup>2</sup> Pequeños moluscos bivalvos que se encuentran en la costa del Pacífico de las Américas, similares a las almejas.

porte también incrementa el potencial para el ecoturismo, ya que la navegación con este tipo de motor no asusta a pájaros y otras especies locales, haciendo más viables las actividades relacionadas con esta actividad.

A partir de 2022, dos motores del proyecto están siendo usados por un grupo de mujeres piangueras en la comunidad, y la tecnología se ha convertido en una parte integral de sus vidas. La solución ha generado muy buenos resultados, sin embargo, el mantenimiento de los motores, por ejemplo el reemplazo de piezas como empaques en esta región remota, se ha convertido en un reto por la significativa cantidad de tiempo que se requiere para que dichas partes o el soporte técnico lleguen a esta población. Por esta razón, un reto por superar en este y futuros proyectos, es un entrenamiento a profundidad que no solo permita el uso y mantenimiento básico de los motores, sino también crear la capacidad para revisiones más técnicas por parte de las comunidades, así como la creación de un banco de repuestos en las cercanías.

El equipo de investigación continúa trabajando en la implementación de estas soluciones, inaugurando recientemente un nuevo proyecto para llevar el primer bote-escuela eléctrico a Bahía Málaga, en el departamento del Valle del Cauca. Gracias a la alianza establecida con *GivePower*, durante los próximos seis meses el grupo construirá el bote es-



Santa Bárbara - Iscuandé. Foto: Centro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para América Latina

cuela eléctrico y una infraestructura fotovoltaica de carga, para brindar un servicio libre de combustibles fósiles a los niños de la Comunidad Negra de la Plata. El equipo de la Universidad de los Andes monitoreará el desempeño de este proyecto durante los 24 meses siguientes.

### **Manejo sostenible de la pesca artesanal en el Cauca**

*Econavipesca del Pacífico*: ecosistema para la navegación pesquera sostenible en el municipio de Guapi, Cauca, es un proyecto internacional que reúne líderes comunitarios y asociaciones de pescadores en la municipalidad de Guapi con un grupo interdisciplinario de investigadores, con el objetivo de desarrollar un modelo sostenible de pesca artesanal que reduzca los impactos ambientales, sociales y económicos causados por embarcaciones que emplean combustibles fósiles, incrementando los costos de las operaciones de pesca y causando degradación ambiental.

Cuatro universidades y tres comunidades pesqueras participan en *Econavipesca del Pacífico*, que es financiado por la Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo. Las comunidades que contribuyen con su conocimiento tradicional sobre pesca artesanal son la Asociación Nueva Bellavista, de la comunidad indígena Eperara Siapidara, quienes pescan en el río Guapi y el estuario, así como dos comunidades afro colombianas que pescan en el mar: la Asociación de Servicios de



Santa Bárbara - Iscuandé. Foto: Centro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para América Latina

Pesca Artesanal de Guapi, y la Asociación de Pescadores Renacer Guapireño. Desde la perspectiva académica, este proyecto es liderado por la Universidad Nacional de Colombia, sedes Medellín y Palmira; la Universidad del Cauca y las universidades suecas de Lund y KTH también participan.

El Dr. Andrés Osorio, Director Ejecutivo del CEMarin y uno de los investigadores involucrados en el proyecto, destaca que esta iniciativa combina la conservación del ecosistema y el conocimiento ancestral con la innovación científica y tecnológica para alcanzar en el largo plazo, el desarrollo económico sostenible. La innovación abierta y las metodologías de co-creación son clave, con diálogos de conocimiento entre las comunidades y los académicos involucrados, con el fin de facilitar el análisis de la cadena de valor como base de un modelo de pesca artesanal sostenible. El Dr. Jairo Tocancipá Falla, de la Universidad del Cauca, señala la naturaleza interdisciplinaria del equipo, y la importancia de compartir el conocimiento entre las comunidades indígenas y afro colombianas que necesitan emplear diferentes técnicas de pesca y sistemas de navegación.

La Dra. Diana López, profesora de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Colombia y directora del proyecto, explica que el equipo se encuentra actualmente en la etapa de desarrollo conceptual para la creación de un prototipo innovador de embarcación ecoeficiente, con el objetivo de fortalecer las organizaciones pesqueras y elaborar un plan de negocios que permita el desarrollo de este emprendimiento social. Uno de los elementos clave es la evaluación de la fuente de energía más apropiada, de acuerdo a las condiciones y necesidades locales. A pesar de ser ingeniera ella misma, la doctora López señala que la naturaleza innovadora



Talleres en Guapi. Foto: Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia

de este prototipo de embarcación viene de la naturaleza interdisciplinaria del proyecto, asegurando que el desarrollo del prototipo vaya más allá de la perspectiva ingenieril, pues la colaboración entre las comunidades pesqueras y los académicos es crucial para entender y reflejar las características del modelo de cadena de valor del proyecto.

Finalmente, Sebastián Loango, representante de la Asociación de Pescadores Renacer Guapireño, hace énfasis en la valiosa participación de los diversos actores involucrados, señalando que la reducción en los altos costos asociados con el uso de combustibles fósiles en las actividades de pesca, entre otros resultados esperados, beneficiará de manera directa e indirecta a muchas personas en Guapi, una región olvidada con frecuencia por el gobierno central.



Ambos proyectos demuestran un compromiso con preservar y facilitar la autonomía, interdependencia, empoderamiento y apropiación comunitaria en el uso de nuevas tecnologías para la navegación. Sin esto, la sostenibilidad en la navegación para la pesca artesanal y la vida diaria en las comunidades de Santa Bárbara de Iscuandé y Guapi no sería posible. Ambos proyectos muestran cómo, unir el conocimiento ancestral y las prácticas tradicionales con la innovación tecnológica no es solo viable, sino que ya es una realidad en estas regiones remotas de Colombia.



Foto: El Equipo en Guapi, por Alfredo Valderruten y Sebastián Serna.

# El Festival de Navegación Tradicional del Caribe Insular: Innovación mediante los saberes tradicionales y la cultura



IV Festival de Navegación Tradicional. Imagen: ProSeaLand.

Entre el 29 de septiembre y el 8 de octubre del 2022, se llevó a cabo el IV Festival de Navegación Tradicional del Caribe Insular: La cultura es lo que el huracán no se pudo llevar, con distintas actividades lúdicas y académicas, tanto presenciales en las islas de San Andrés y Providencia como virtuales. El Festival fue organizado por la fundación Sea, Land & Culture Old Providence Initiative (ProSeaLand), con el apoyo del Ministerio de Cultura de Colombia – Programa Nacional de Concertación y el CEMarin, entre otros actores.

La Dra. Ana Isabel Márquez Pérez -bogotana de origen criada en la isla de Providencia-, antropóloga, profesora de la Universidad Nacional de Colombia Sede Caribe, Investigadora CEMarin, y miembro de ProSeaLand, habló con nosotros después del III Festival, que se realizó bajo el lema “Conectando islas, costas y mares”, y nos contó sobre la conexión entre la innovación y las prácticas tradicionales y ancestrales del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

**Sonar: Comenzamos con el Festival de Navegación Tradicional, ¿nos puedes contar un poco sobre su historia y sus objetivos?**

Ana Isabel Márquez Pérez: El Festival nació por iniciativa propia de ProSeaLand, una organización de base conformada por raizales y residentes del archipiélago, con el fin de crear y consolidar un espacio anual en donde se pueda visibilizar, dinamizar y resignificar la cultura marítima del pueblo raizal, dentro de la cual las embarcaciones

como los *catboats* y los *cotton boats* figuran como manifestaciones emblemáticas de la navegación. Todo gira en torno de las relaciones de estas sociedades con el mar, algo que a veces se olvida en el contexto científico-académico.

Personalmente, me ha brindado la posibilidad de unir mis labores académicas con cuestiones sociales y culturales, y particularmente de la navegación tradicional. Llevo alrededor de 17 años trabajando con sabedores y las sabedoras raizales de Providencia y Santa Catalina vinculados a estas y otras manifestaciones culturales, como la pesca artesanal, y el objetivo macro siempre ha sido que estos conocimientos acumulados no queden en los artículos académicos, si no que tengan algún uso para la comunidad. En este sentido, el Festival cabe dentro de los intereses a distintos niveles en torno a la salvaguarda del patrimonio cultural inmaterial y de cultura del Pueblo Raizal.

## Sonar: ¿Qué relación tiene el Festival con los diálogos de saberes a nivel nacional, e incluso más allá de Colombia?

AIMP: El Festival nos ha permitido crear alianzas con instituciones y personas a nivel local, regional y nacional, e incluso internacional, al mismo tiempo que se enfoca en poner en una posición central a los sabedores y las sabedoras locales dentro de las actividades. En este sentido, todo el Festival se caracteriza por ser con y para ellos, como una apuesta para fortalecer el diálogo de saberes tanto hacia adentro, hacia la misma comunidad del archipiélago; como hacia afuera, hacia lugares donde hay prácticas y conocimientos similares tanto en el país, como en la región y el mundo; y hacia otras partes de Colombia que desconocen las particularidades de la cultura raizal y del archipiélago. Además, por ser un espacio bilingüe, con actividades en español, inglés y kriol, también generamos encuentros para visibilizar y reconocer la diversidad lingüística en Colombia, que aun es desconocida por muchas personas en el país.

Es un gran hito del Festival que hemos logrado vincular personas que portan conocimientos sobre la navegación y la pesca artesanal, pero también a músicos, pintores, narradores orales, cocineras tradicionales y gestores culturales, tanto entre ellos como con invitados internacionales. La virtualidad obligatoria debida a la pandemia de los últimos años nos abrió la posibilidad de interactuar y dialogar con algunos grupos internacionales que habría sido imposible de otra manera. En el II Festival en el 2020 pudimos realizar espacios de diálogos de saberes con gente de las Islas Caimán, de donde vinieron originalmente los cotton boats, y de otras partes del Caribe con tradiciones de navegación muy particulares, y en el III Festival en el 2021 compartimos espacios virtuales con un grupo de sabedores del Senegal, tanto pescadores como carpinteros navales, así como con gente de San Vicente y las Granadinas y de Antigua en el Caribe Oriental. Todas estas oportunidades de diálogo han sido mutuamente enriquecedoras. La

virtualidad y alianzas con actores como el periódico local El Isleño y la Radio Nacional de Colombia nos han dado la posibilidad de lograr una divulgación mayor a nivel local y también nacional.

## Sonar: El tema central de esta edición de Sonar es la innovación en las ciencias marinas. Basado en tu experiencia profesional y personal, ¿nos puedes contar un poco acerca de tu visión de qué es la innovación?

AIMP: Diría que, de manera conceptual, la innovación se refiere a cualquier proceso en el cual se introducen cosas nuevas, diferentes, transformadoras con respecto a lo que ya existe. Esto aplica tanto



*Alistando la carrera de los cotton boats. Foto: ProSeaLand*

en las ciencias y el conocimiento, como en la sociedad y las prácticas cotidianas. La innovación va más allá de las nuevas tecnologías de última gama, a lo largo de la historia los seres humanos siempre hemos innovado en todos los campos y esto es lo que ha permitido el cambio social y la complejización de las sociedades humanas.

## Sonar: ¿Qué relación tienen los saberes ancestrales, por ejemplo, aquellos relacionados con la navegación a vela, con la innovación?

AIMP: Un ejemplo perfecto de innovación en el tema de la navegación son los *catboats* y los *cotton boats*, las embarcaciones a vela emblemáticas del pueblo raizal, que llamamos “tradicionales” a pesar de que las sociedades nunca han estado estáticas; aunque los podemos denominar como ancestrales o tradicionales, para hacer referencia a que son propios y heredados de otras generaciones, se han transformado y adaptado continuamente a través del tiempo.



Los *catboats* llegaron al archipiélago con otras poblaciones caribeñas, particularmente pescadores de tortugas de las Islas Caimán, en la primera mitad del siglo XX. Ellos trajeron sus *catboats*, que eran el resultado de la unión entre conocimientos europeos, indígenas y africanos, y estos fueron adoptados y luego continuamente adaptados por los constructores locales en Providencia. Los *catboats* caimaneros habían sido diseñados especialmente para la caza de tortugas, para ser maniobrables en los arrecifes de coral y en los lugares donde se persiguen a las tortugas, las cuales son animales muy inteligentes y ágiles, y se utilizaban también para el transporte de pasajeros y carga en estas islas. En Providencia en ese entonces la gente utilizaba canoas de tres velas para funciones similares, pero los *catboats* las sustituyeron gradualmente.

Con la llegada de los motores, los *catboats* se transformaron aún más y se convirtieron en lo que hoy conocemos como las *lanchas*, que se hacían en madera y hoy han sido casi sustituidas por la fibra de vidrio, y en la dimensión lúdica –para hacer carreras– se adaptaron tanto que ya son embarcaciones muy distintas a los primeros *catboats* que llegaron de Cayman hace casi cien años, ahora

son algo propio de los providencianos. Para mí, esta historia ilustra perfectamente qué es la innovación, un proceso permanente de transformación y adaptación.

## Sonar: ¿Consideras que existe una conexión entre estas embarcaciones y su larga historia de adaptación e innovación con la transición energética que está tomando un lugar protagónico en el siglo XXI?

AIMP: Hace años existen debates acerca de las embarcaciones tradicionales y su valor contemporáneo, sobre si las velas ahora sirven solo en el contexto lúdico o artístico pero son redundantes en la vida cotidiana. Pero es precisamente en el debate sobre una transición energética justa, planteada por los movimientos sociales, que es posible reivindicar estas prácticas porque todo tipo de energía no contaminante gana un espacio importante, y hoy sabemos que tarde o temprano nos va a tocar transformar el modelo energético que tenemos.

Vemos un referente importante en las Islas Marshall y el proyecto de cooperación que tienen con la GIZ para volver a montar flotas de carga a vela. Teniendo en cuenta la tradición milenaria de navegación que tienen los pueblos de la Polinesia y la Melanesia, este proyecto va de la mano con la recuperación de saberes y prácticas que si bien no se han perdido, han sido dejados de lado, pero que hoy vuelven a cobrar importancia. Pero incluso en el Caribe hay iniciativas parecidas, pensando en la transición energética justa y el comercio justo, que nos llevan a preguntar ¿qué papel pueden jugar las velas en estos procesos hoy en día?



Agradecemos a la Dra. Ana Isabel por compartir su conocimiento y experiencias con nosotros. Para más información sobre las iniciativas de navegación baja en carbono en las Islas Marshall, vea nuestro artículo sobre Tendencias Globales en Navegación. Si le interesa saber más sobre el Festival de Navegación Tradicional del Caribe Insular puede consultar la página web de la fundación, [www.prosealand.org](http://www.prosealand.org), donde se encuentran también accesos a los contenidos virtuales de los Festivales pasados en Facebook y YouTube.

## A bordo del Argo: un viaje a las entrañas del océano

*El programa Pristine Seas de NatGeo, busca crear y cualificar Áreas Marinas Protegidas alrededor del mundo. Recientemente, ha realizado un importante trabajo de investigación en tres regiones clave de los océanos de Colombia. Un grupo de investigadores locales fue invitado a hacer parte de esta expedición. Conversamos sobre la experiencia con la Dra. Paula Zapata, profesora de la Universidad Pontificia Bolivariana e investigadora asociada CEMarín.*



Foto: Investigadores Pristine Seas / Buque Argo

### Sonar: ¿Cómo llega Pristine Seas a Colombia?

Paula Zapata: Lo que Pristine Seas busca es apoyar a los gobiernos en la implementación y actualización de Áreas Marinas Protegidas (AMPs) alrededor del mundo. El gobierno nacional estableció una meta muy ambiciosa de nombrar como AMPs al menos el 30% de los océanos del país en alguna figura de manejo al 2022. En este contexto, la comitiva del Ministerio de Medio Ambiente coincide con el Dr. Enric Sala -director de Pristine Seas- en la COP26 y a partir de allí empieza a gestionarse una colaboración entre las dos partes. Se realizan los acuerdos necesarios con cancillería, la Comisión Colombiana del Océano (CCO) y la Dirección General Marítima y Portuaria (DIMAR) y posteriormente se escogen tres áreas prioritarias: Yuruparí - Malpelo, que es la parte oceánica del Pacífico; el Golfo de Tribugá, por su condición de prístino pero también por la pro-

blemática de la creación del puerto que venía sonando mucho; y los cayos Serranilla y Bajo Nuevo en la Reserva Biósfera Seaflower.

El objetivo de Pristine Seas es, además de la recolección y procesamiento de datos, que las comunidades puedan ver el proceso y que haya una documentación en medios detrás del mismo. Entonces, tienen tres equipos de trabajo: uno científico, encabezado por el Dr. Enric Sala, además de un investigador principal que es ictiólogo -experto en peces-, el Dr. Alan Friedlander. Allí también hay algunas personas encargadas del

componente socio-económico y cultural asociado a las áreas a evaluar. En segundo lugar hay un equipo de medios, que es básicamente todo lo que son cámaras, storytellers, cineastas, toda la producción asociada al documental.

Adicionalmente, Pristine Seas está asociado a Deep Sea Hunters, que es la compañía que opera el sumergible. Además hay un barco, que se llama Argo, que es el que ellos han adaptado para la operación del programa. Entonces existe un tercer equipo, que es el de logística: los pilotos asociados al sumergible, los divemaster, que son quienes nos acompañan con las lanchas, los equipos de buceo y navegación; así como el equipo de cocina y de la logística a bordo en general. Todo está listo para que tu hagas únicamente lo que tienes que hacer tu. Ahí es cuando uno empieza a mirar el concepto de innovación, desde cómo está organizado todo el proceso. Fue muy in-

interesante ver lo compacto que es el equipo. Tienen un engranaje muy bien montado, porque si no hay cohesión, la cosa no funciona.

### Sonar: ¿Y de qué manera te articulas tú con el programa?

PZ: Tradicionalmente ellos invitan en cada país a investigadores o actores que son importantes en el contexto local. En la parte offshore invitaron a Luisa Dueñas, profesora de la Universidad Nacional de Colombia e investigadora CEMarin, Néstor Ardila que es profesor de la Universidad Militar, un observador de DIMAR, un miembro del Parque Natural Nacional Malpelo y Sandra Bessudo, de la Fundación Malpelo. Los colombianos viajaron a Costa Rica y se embarcaron allá. Luego, en la parte que estuve yo, que es la parte continental del Chocó, estuvo Robinson Mosquera, que trabaja en CODECHOCÓ, que es muy importante para todo este contexto social y pesquero del territorio y las figuras de manejo que existen allí, que son el Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) y las Zonas Exclusivas de Pesca Artesanal (ZEPAs). Como nosotros colaboramos con el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), yo le insistí mucho a Juan Mayorga, que es colombiano y el encargado de datos de *Pristine Seas*, que se incluyera al Capitán Julián Quintero, quien es el director de desarrollo tecnológico en el CIOH. El también estuvo en Seaflower. Estaba también Luis Chasqui, que trabaja con biodiversidad marina del INVEMAR, nuevamente Sandra Bessudo y estuve yo. ¿Cómo llegan a mí? Entiendo que por el voz a voz, buscando gente que tuviera experiencia trabajando en esa zona.

Robinson conoce el territorio como la palma de su mano. Fue muy interesante, primero, que él tuviera la oportunidad de montarse en el sumergible, porque él no bucea tampoco, y que pudiera ver de primera mano su territorio, pues claro, él sabe mucho de peces y de pesca, pero desde arriba. Y hubo una interacción muy bonita del equipo con

él. Y luego se van para Seaflower, y en Seaflower está Coralina, y allá está Nacor Bolaños y Alfredo Abril. Julián continúa la travesía e invitan a Diego Cardeñoso, que trabaja con tiburones. En la parte de Seaflower también hay un director de NatGeo para América Latina, que se llama Alex Muñoz, que es chileno.

### Sonar: ¿Y cuál fué tu rol dentro de la expedición?

PZ: Yo hice parte, naturalmente, del equipo científico. Cuando el proceso empezó nosotros tuvimos unas reuniones técnicas, antes de embarcarnos, para que conociéramos la dinámica, la agenda, y para que supiéramos qué datos tenían disponibles. Hicimos un esfuerzo importante por conseguir los datos de batimetría, es decir, de la profundidad y también de la forma de fondo. Con eso, lo que hice fue un diseño preliminar del muestreo para que pudiésemos escoger lugares que tuvieran unos rasgos geomorfológicos interesantes, para bajar en el sumergible y mandar las *drop cams* que ellos tienen.



Foto: Investigadores Pristine Seas / Buque Argo

*Pristine Seas* opera en tres zonas del océano: la parte somera o fótica, donde se puede bucear, a unos 30mts. de profundidad. Allí hacemos buceo científico, colectamos datos estándar. Luego hay otra capa, que es la mesofótica, de los 30 a los 120mts de profundidad. Ahí usan cámaras, tanto mesofóticas como pelágicas. Las

mesofóticas son para observar objetos a cierta profundidad, y las pelágicas son para capturar peces más grandes. Y luego está el océano profundo, de los 120 a los 6000 mts. Para esto tienen las *drop-cams*, diseñadas por ellos. Y está el sumergible que es tripulado, y puede ir hasta los 500 mts. En ese sumergible caben tres personas: piloto, cámara de NatGeo y un investigador.

Digamos que al principio uno lo que hace es escuchar cuál es el plan científico. En las primeras reuniones hubo una discusión muy interesante, y esto es chévere porque ellos escuchan el conoci-

miento local. Entonces ya viendo que podíamos hacer más cosas nos reunimos con Luisa Dueñas e invitamos a Yuley Cardona, también profesora de la Universidad Nacional, para desarrollar un pequeño proyecto que apoye la toma de decisiones haciendo un ejercicio de conectividad. Diseñamos un pequeño proyecto que enviamos al equipo y ellos nos dijeron que sí, pero que no tenían la financiación para la genética, que es algo que estamos gestionando. Sin embargo, ya realizamos el muestreo, que es lo más costoso. La idea que tenemos es identificar cómo se conectan tres especies de coral a lo largo del golfo, con el fin de entender esos corredores biológicos, esa conectividad, para que sea una herramienta adicional a la hora de hacer una posible zonificación que incluya esos corredores, esa conectividad ecológica y oceanográfica dentro del territorio. La idea es poder hacer un aporte al trabajo que hace *Pristine Seas*, y lograr una designación de AMPs más relacionadas con esta conectividad, que es fundamental.

### Sonar: ¿Cómo realiza normalmente *Pristine Seas* el muestreo?

PZ: Se trata de un muestreo clásico. Somero, Mesofótico y Profundo. Con diferentes cámaras, diferentes técnicas y diferentes sensores. Entonces ellos básicamente tiran un transecto, y cuentan qué peces hay, donde están y qué abundancia tienen. Luego está el bentónico, lo que está asociado al fondo, al arrecife, que allí se llama riscal. En los riscales yo hice el componente bentónico con el Dr. Enrique “Kike” Ballesteros, que es un ecólogo que trabaja en España, en el Centre d’Estudis Avançats de Blanes, institución del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Kike hizo todo lo que era la cobertura de algas, esponjas, todo lo que estaba asociado a esos riscales, y yo me encargué de contar todos los corales, qué especies de coral, la abundancia, la diversidad de coral y los organismos móviles dentro del transecto. Esto fue todos los días, todo el tiempo, con un frío brutal. Tuvimos días de mucha corriente y poca visibilidad. Entonces estuvo duro pero chévere. Para mí fue un regalo de la vida haber podido trabajar con Kike Ballesteros, pues es un referente, yo lo cité en mi tesis de doctorado no sé cuantas veces.



Foto: Investigadores *Pristine Seas* / Buque *Argo*

Vimos un organismo que se llama un argonauta, que es como un tipo de nautilus y nadie en el barco había visto uno de esos, entonces fue una sensación. Había muchas, muchas, muchas serpientes. Ellas son muy venenosas. Entonces es un poco extremo en términos de buceo. Y bueno, ya lo que observamos en el sumergible, pues maravilloso. Tuve la oportunidad de hacer exploración en los cañones. Yo estoy muy interesada en entender los cañones submarinos, pues los cañones de Colombia están poco explorados y son muy importantes, al ser la conexión entre el continente y el océano profundo. Fue una oportunidad tremenda para explorarlos y para formular nuevas preguntas de investigación.

### Sonar: ¿Qué te deja la expedición?

PZ: Pienso que este trabajo abre nuevas puertas, eso me parece fundamental. Me parece muy clave que el gobierno de turno, sea el que sea, entienda que las decisiones no deben ser sólo políticas tomadas en una mesa, sino que las decisiones deben estar basadas en información y en datos. Creo que eso es algo que va a dejar *Pristine Seas*, que las decisiones de manejo que se tomen, tengan información de línea base de cómo hacerlo y por qué.



Foto: Investigadores *Pristine Seas* / Buque *Argo*

## Ecopetrol, con los ojos puestos en la transición energética

Un tema clave en la lucha contra el cambio climático, que se debate hoy en múltiples escenarios a nivel global, es la transición energética y descarbonización del sector hidrocarburos. ¿Cuál es la perspectiva y experiencia de Ecopetrol, la empresa energética más grande de Colombia y segunda empresa petrolera más grande de Latinoamérica? Conversamos con Santiago Martínez Ochoa, Director de Sostenibilidad y Descarbonización de la compañía, sobre su estrategia de transición energética y las posibilidades que existen a nivel oceánico.

**Sonar: Si bien Colombia no es un gran emisor de gases efecto invernadero, sí es un país con alta vulnerabilidad al cambio climático. Desde esta perspectiva, ¿cuáles son las prioridades de Ecopetrol al proponer una estrategia de transición energética?**

Santiago Martínez Ochoa: Desde la perspectiva de Ecopetrol hay interés de involucrarse desde una mirada de gestión de riesgos, pero también de oportunidades. En el ámbito de adaptación, lo que Ecopetrol busca es tener unas operaciones más resilientes frente a fenómenos como El Niño o La Niña. Hay todo un frente de trabajo asociado a entender estos riesgos climáticos y físicos, y a establecer una serie de planes de adaptación que nos permitan hacer frente.

Desde el punto de vista de mitigación, son varias las razones que llevan a una empresa como Ecopetrol a incluirse en estos temas. Uno, son los grupos de interés a los cuales respondemos. Tenemos por ejemplo a los reguladores, el Estado colombiano tiene una regulación y legislación cada vez más estricta frente al cambio climático, entonces tiene sentido estar a la delantera de esos cambios e ir más allá del cumplimiento legal para estar preparados. Vemos



Transición energética. Imagen: Jorge Mario Ordóñez Duque

autoridades como la Agencia Nacional de Licencias Ambientales, que está empezando a sacar en sus lineamientos temas de cambio climático. Tienes al grupo de los inversionistas, todo el sector financiero cada vez más activo en este espacio, la asignación de capital cada vez está teniendo más en cuenta criterios de sostenibilidad. En el entorno local tienes a unas comunidades y una sociedad civil cada vez más activas y todos los temas de cambio climático se convierten casi en una licencia para operar. Y finalmente, asociado a la transición energética en general, sencillamente las empresas que no se adaptan, en el largo plazo no van a ser competitivas y van a estar expuestas a una serie de riesgos, hay que identificar estos riesgos para que podamos pensar en un Ecopetrol a futuro. Eso implica unos cambios que no se pueden dar de la noche a la mañana.

**Sonar: ¿El aspecto de adaptación se está haciendo por regulación exclusivamente, o de alguna manera Ecopetrol ya está sufriendo los efectos del cambio climático?**



Sequía, cambio climático. Foto: Patrick Hendry en Unsplash

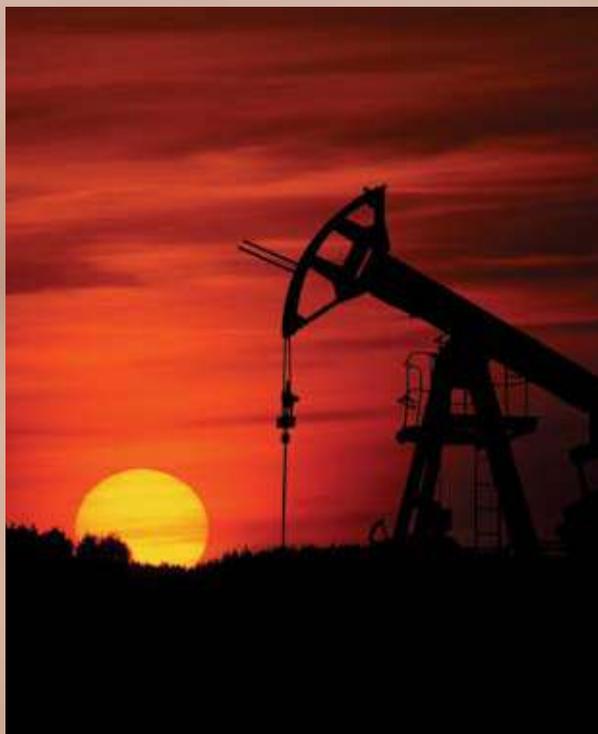
SMO: Ya están materializados algunos riesgos, sí. Por ejemplo, en época de sequía, en donde Ecopetrol tiene alguna serie de vertimientos a cuerpos de agua, se ve obligado a cerrar básicamente los vertimientos, porque los cuerpos de agua no soportan esas cargas que puede eventualmente emitir, y eso tiene un impacto directo en la producción de la empresa.

**Sonar: Esto me hace pensar que si bien existe una suerte de dicotomía en el imaginario de muchas personas entre sostenibilidad y economía, ¿para ustedes hacer esta transición a energías limpias significa crear una empresa más resiliente?**

SMO: Si volvemos al plan de descarbonización, muchas de las iniciativas que estamos desarrollando son costo-efectivas, es buen negocio llevarlas a cabo. Y parte de lo que venimos desarrollando son estos análisis de cuáles son estos proyectos, donde por un lado descarbonizo y por otro genero unas eficiencias para Ecopetrol. Te diría que son dos los móviles: lo hago porque es un buen negocio moverme en esa dirección, pero también porque estratégicamente me conviene para evitar un riesgo, y hay riesgos legales, riesgos operacionales, riesgos reputacionales... digamos que muchas de estas medidas apuntan a maximizar la oportunidad de negocio o mitigar alguno de los riesgos que menciono. Entonces no necesariamente es una dicotomía, yo puedo tener proyectos que son beneficiosos desde el punto de vista ambiental y desde el punto de vista económico.

**Sonar: ¿Me puedes contar entonces cuáles son las estrategias que están implementando?**

SMO: Lo primero es que recientemente lanzamos la estrategia al 2040, en donde ya vemos los temas de sostenibilidad como parte central de la compañía. Ya tienes dentro de dos de los principales pilares de la estrategia de Ecopetrol estas temáticas. Uno es el pilar que llamamos “Crecer con la transición energética” y allí la propuesta de Ecopetrol es empezar a diversificar las fuentes de recursos de la compañía hacia negocios bajos en emisiones. El segundo es el pilar de la sostenibilidad, y ahí se han identificado una serie de temas materiales entre los cuales está el cambio climático. A raíz de la importancia de este tema, se lanzaron las metas de reducción de emisiones en el año 2020, tenemos un compromiso de tener una reducción del 25% para lo que llamamos alcance 1 y alcance 2 en el 2030. Cuando hablamos de alcance 1 nos referimos a emisiones directas de nuestras operaciones, alcance 2 son aquellas asociadas a la compra de energía de la red eléctrica. Y al 2050 tenemos la meta de reducir el 50% del total de emisiones para alcances 1, 2 y 3. Esas emisiones de alcance 3 son las mayores emisiones que genera una empresa de hidrocarburos, que son básicamente las que generan el uso de los productos que comercializa la empresa, como la gasolina.



Extracción de crudo. Foto: Zbynek Burival en Unsplash

Con ese marco de metas hemos venido montando una estrategia de descarbonización que tiene varias iniciativas: tenemos un programa asociado a eficiencia energética, que tiene gran importancia a corto y mediano plazo. Tenemos un programa asociado a reducción de quemas rutinarias en la operación y hacemos parte, entre otras, de la iniciativa del Banco Mundial de cero quemas rutinarias al 2030. Está todo el tema de identificación y reducción de emisiones de gas metano, ahí también tenemos un programa que venimos adelantando; el tema de renovables, la idea es poder reemplazar también el consumo energético que hoy en día se hace a partir de combustión de fósiles por generación de energía renovable. Ahí hay unas metas de aumentar la capacidad instalada de energía reno-

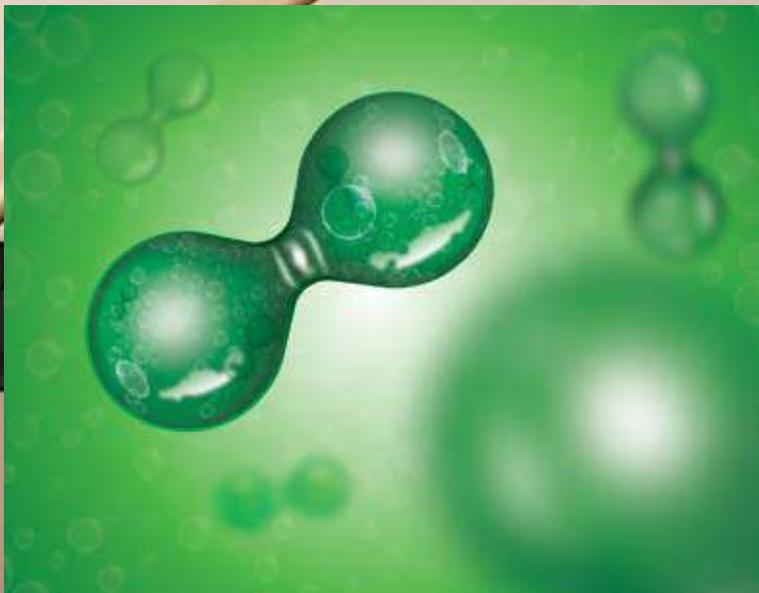


Ilustración hidrógeno verde: Jorge Mario Ordóñez Duque

vable en Ecopetrol, y esperamos en un mediano plazo que entren tecnologías asociadas a hidrógeno y a captura y uso de carbono. Todo eso te lleva a un nivel de reducciones, pero no te lleva a reducir emisiones residuales, y es ahí donde entra el tema de compensación de emisiones de carbono, a partir de unas soluciones naturales del clima. Ahí también estamos muy activos, generando proyectos propios, y eventualmente estaremos más activos en el tema de compra de bonos de carbono, particularmente de aquellos que estén asociados con temas de restauración ecológica, restauración de bosques. Aquí entran a jugar un papel interesante soluciones como las de Blue Carbon -carbono azul-, donde puede haber unos potenciales interesantes. Esas son las principales iniciativas que venimos adelantando.

## Sonar: ¿Quisieras ampliar el tema de sosTECnibilidad?

SMO: Digamos que eso arranca de un análisis de materialidad, para entender cuáles son los temas prioritarios para Ecopetrol. Sale una primera categoría de los temas excepcionales donde queremos ir un poco más allá, y allí aparecen temas como cambio climático, recurso hídrico y lo que llamamos desarrollo territorial sostenible. En un segundo nivel tenemos temas destacados, como biodiversidad, economía circular, calidad del aire, etc. A partir de esa priorización estamos construyendo hojas de ruta que permitan establecer metas específicas para cada una de estas temáticas y en el corazón de esto está el tema de tecnología, por eso el término. Nosotros pensamos que la tecnología puede ser un apalancador de muchos de esos temas de sostenibilidad. Te pongo un ejemplo específico: estamos en proceso de construir una herramienta para manejar todo el tema de emisiones de una forma más eficiente, construir proyección de emisiones de una manera más dinámica, y ese es el tipo de herramientas tecnológicas que soportan la toma de decisiones para la descarbonización.

## Sonar: ¿Nos referimos sólo a grandes tecnologías del sector hidrocarburos que vienen desde afuera, o también a tecnologías que se desarrollan a nivel local?

SMO: Yo te diría que son de las dos. Lo primero es cuáles son los grandes programas que están detrás del plan de descarbonización de Ecopetrol, todos ellos traen una serie de tecnologías que yo debo implementar para avanzar en la descarbonización. Y son tecnologías que no necesariamente desarrollo yo internamente. Para eso voy al mercado e identifico lo que se está haciendo. Pero hay otras que sí desarrollo internamente y dependerá de caso a caso si me voy por un camino o por el otro. Esta herramienta que te menciono no existe en el mercado, entonces estamos haciendo nosotros el desarrollo tecnológico directamente. Tenemos a nuestro Instituto Colombiano del Petróleo y ellos hacen algunos desarrollos propios, específicos para el contexto colombiano. Otro ejemplo es en el campo de soluciones naturales del clima, con ellos

vamos a empezar a desarrollar los protocolos y las metodologías de medición de potencial de captura de carbono en los ecosistemas colombianos, entonces ya queremos darle una mirada mucho más específica al caso colombiano y no necesariamente aplicar factores de medición o metodologías genéricas a nivel mundial.

**Sonar: La siguiente pregunta es por los retos, y aquí debo preguntar sobre el nuevo panorama político colombiano, donde se ha planteado que el tema de transición energética entra en un escenario hiper acelerado. ¿Cuál es la lectura que ustedes tienen en términos de viabilidad, tiempos de ejecución, actores involucrados, etc?**



Manglar. Foto: Carina Marek, archivo fotográfico de CEMarin

SMO: Yo lo que te diría es que nosotros estamos subidos en la transición energética. Hay enormes coincidencias entre lo que quiere el nuevo gobierno y lo que quiere Ecopetrol en términos de transición. El reto es cómo balancear los distintos intereses y necesidades que hay detrás de ese contexto de transición. Lo primero es que hay que reconocer que una empresa como Ecopetrol genera alrededor del 10% del presupuesto nacional. Cuando uno dimensiona esos recursos que genera Ecopetrol, es bastante relevante cómo avanzamos en la transición energética sin poner en riesgo esos recursos. Entonces yo creo que es un tema más de gradualidad y cómo garantizamos que pueda seguir asegurándole

esos recursos a la nación, no solamente financieros, sino también cómo podemos garantizar la seguridad energética. Colombia va a seguir demandando hidrocarburos en el corto, mediano y probablemente largo plazo, entonces ahí tenemos que entender cuál va a ser el rol del gas y cuál va a ser nuestro rol, desde Ecopetrol, en ese abastecimiento de hidrocarburos. Porque para el país puede implicar unos costos grandes traer ese recurso y no generarlo internamente. Todos esos son debates de política pública muy difíciles de manejar, pero son parte de las respuestas que tendremos que ir generando por el camino y son respuestas que no tenemos del todo. No sé si te estoy respondiendo la pregunta, pero estoy poniendo allí de contexto los distintos intereses y prioridades que hay que balancear en esta discusión, que no son fáciles.

**Sonar: Quisiera preguntarte sobre el panorama marino. Sé que este tema no está muy desarrollado para ustedes, pero ¿qué potencialidades existen en el sector, tanto desde lo energético como en términos de captura de carbono?**

SMO: Como te decía, el tema de Blue Carbon es muy interesante, queremos explorar más este tipo de proyectos, el reto allí son los costos, son el tipo de proyectos más costosos, pero estamos muy interesados en poder aportar allí. Y desde el punto de vista energético, hay un gran potencial offshore que se está explorando, potencial de gas para Colombia, que puede tener, digamos, un papel importante; sobre todo si entendemos cuál es el rol del gas en la transición energética. Nosotros creemos que el gas tiene un rol a jugar muy importante en un contexto como el colombiano, donde todavía tienes 1.2 millones de familias que dependen de la quema de madera para abastecer su consumo energético.

**Sonar: Para cerrar, ¿cómo se articula la perspectiva científica en todo este proceso?**

SMO: Primero, las metas que establezcan las empresas, incluyendo Ecopetrol, van a ir migrando todas a ser basadas en ciencia. Es decir, tengo que tener unos sustentos científicos detrás, tanto de las metas que estoy haciendo públicas al mercado, como desde los proyectos que están detrás, que me van a permitir cumplirlos. La ciencia juega un papel fundamental en eso.



Construyendo soluciones hoy para el futuro de nuestros océanos

Punta Soldado, Foto: Mutante.org



## PROYECTOS CEMarin

Equipo CEMarin con la participación de Manuel Sevilla PhD, Investigador Asociado CEMarin, Profesor de la Pontificia Universidad Javeriana Cali

# El Otro Mar: Narrando la ciencia a través del arte



Imagen: Cartel, Otro Mar

Puede sonar improbable que doctores en Antropología, Ciencias Sociales, y Ciencias y Tecnologías Marinas ganen una beca para realizar una obra de teatro, pero fue exactamente así como nació el Otro Mar. Se trata de una obra desarrollada mediante la creación colectiva que combina música, danza y teatro en una apuesta que innova en la comunicación de las ciencias en Colombia. Los co-creadores del proyecto, Manuel Sevilla (Pontificia Universidad Javeriana Cali), Ana Isabel Márquez Pérez (Universidad Nacional de Colombia, sede Caribe) y Andrés Osorio (Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín) nos contaron un poco sobre el proyecto.

Durante la obra, se presentan diferentes personajes, cada uno con una concepción distinta de cómo se debe construir nuestra relación con el océano. Están Aquilino y su comunidad, quienes gozan de los beneficios que provee el océano, pues, toda su realidad se ha cimentado sobre ello y velan por su cuidado. También están los actores interesados en investigarlo o en explotarlo económicamente, y los que lo usan como emblema de campañas políticas. La interacción entre todos estos grupos es lo que produce el clímax de la obra, poco a poco descubrimos los intereses verdaderos de cada actor. En simultáneo a estos acontecimientos, siempre está presente el espíritu del océano, representado por la figura de una bailarina femenina quien goza de suaves y fluidos movimientos, acompañada de melodías de marimbas propias de la cultura pacífica y quien siempre está acompañando y cuidando a la comunidad de Aquilino. La aparición de este ser propicia un ambiente etéreo donde se llega a dar un momento de apreciación en la audiencia de lo majestuoso que es el océano y lo auténticas que son las comunidades costeras colombianas.



Foto: Miguel Varona

El Otro Mar surgió como una propuesta de diálogo de saberes entre las ciencias naturales y sociales, y las artes, para representar las distintas visiones y saberes que existen sobre el territorio marítimo y

como a veces se alinean y a veces se contraponen, pero siempre con el mar como la figura central de la obra. La participación de profesionales artísticos de la compañía ConParsimonia, con base en Cali, y la integración de otros participantes de la comunidad raizal del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina fueron clave en el desarrollo y creación colectiva de la historia. Todos los miembros del equipo aportaron su conocimiento artístico y sus sentires locales al diálogo en torno del patrimonio cultural marítimo, tanto del Pacífico como del Caribe, al mismo tiempo que buscaban crear una obra universal sobre las amenazas a los océanos y las comunidades marino-costeras.

Después de su estreno en la Isla de San Andrés en mayo de 2022 hasta la fecha, se ha presentado el Otro Mar en cuatro ciudades más del país; cada ciudad ha tenido una audiencia distinta, desde



Foto: Miguel Varona

grupos de estudiantes de colegio, universitarios, académicos, hasta el público general. Esto ha implicado distintas reacciones a la obra; por ejemplo, en San Andrés el público mostró su gusto por cómo se veía reflejada la situación que vive en ese territorio; en Buenaventura, muchas personas se identificaron con un personaje proveniente de la Isla de Providencia, conectando sus realidades distintas pero con muchos retos compartidos; y en Cali, con un público universitario, surgieron debates alrededor del rol de la academia en estos territorios. En todo caso, fue gratificante para el equipo ver cómo los públicos gozaron de la obra y reflexionaron sobre los mensajes que transmite.

El equipo espera llevar la obra próximamente a la Isla de Providencia, pues tras la destrucción causada por el huracán Iota en noviembre de 2020, y teniendo en cuenta las amenazas climáticas que sigue



Foto: Miguel Varona

enfrentando la comunidad, la obra también se concibe como un homenaje a la memoria histórica de estos territorios, a estas personas y sus saberes. En este momento, se encuentran buscando financiación para seguir presentando la obra a lo largo del territorio colombiano, e inclusive en festivales internacionales en otras partes del mundo. Estén atentos a las próximas oportunidades de ver el Otro Mar. El Otro Mar fue ganador de una beca dentro de la convocatoria Investigarte 2.0 del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia, y contó con el apoyo del CEMarin, la Pontificia Universidad Javeriana Cali, la Universidad Nacional de Colombia sede Caribe, la Fundación Senfol y la fundación Sea, Land & Culture Old Providence Initiative (ProSeaLand).



Foto: Miguel Varona

## PROYECTOS CEMarin

Ballantyne Puin Castaño, Estudiante de Maestría en  
Medio Ambiente y Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia

# Notas del campo: Aprendizaje mutuo para la resiliencia climática en Punta Soldado



Punta Soldado. Foto: Jorge Luis Rocha

La Isla Punta Soldado queda a solo 30 minutos en lancha del Puerto de Buenaventura, el principal puerto marítimo de Colombia y uno de los más importantes en toda América Latina. Esta comunidad afrocolombiana, de alrededor de 400 personas, ha sufrido al menos tres reubicaciones forzadas; la última de ellas en el año 1998. Al mismo tiempo, ha visto la desaparición de decenas de hectáreas de manglares, playas y planos lodosos, que hoy en día ponen en riesgo tanto su sustento diario, como su permanencia en el sitio. Hace unas décadas, el pueblo contaba con una población de alrededor de 600 familias, que se ha ido reduciendo a sólo 110. No es para nada una vida fácil, es un acto de resistencia y resiliencia por parte de los que decidieron permanecer en su territorio a pesar de los riesgos por eventos extremos y nuevos desplazamientos.

En los últimos 40 años, la comunidad ha perdido alrededor de 600 m de línea de costa, es decir, el límite entre el mar y la tierra firme. Esto también ocasionó el “cementerio de manglares”, una zona sobre la línea de costa donde varios manglares murieron sepultados por los sedimentos, un referente visual muy claro de la vulnerabilidad del territorio.

En julio de 2021, bajo un contexto de restricciones del Covid-19 y en un panorama social turbulento en todo el país, llegué por primera vez a esta comunidad. A pesar de la dificultad de las condiciones,

este lugar se robó mi corazón y le dio propósito a mi vida profesional. A Punta Soldado llegué como investigadora y gestora de proyectos del grupo de investigación Oceanicos de la Universidad Nacional de Colombia, que desde el año 2019 ha trabajado en el Plan de Adaptación Climática de la isla gracias a la beca de Soluciones Costeras de la Universidad de Cornell, gestionada por Johann Delgado. Ese primer año, el enfoque principal fue estudiar las variables físicas que intervienen en los procesos de erosión y sedimentación. Para ello se llevaron diferentes equipos de medición y se inició la modelación de la zona. Sin embargo, en el año 2020 se vió la necesidad de ampliar el alcance del proyecto, para trabajar en conjunto con los líderes comunitarios de Punta Soldado y fue allí cuando de manera conjunta fuimos beneficiarios de la convocatoria de Extensión Solidaria de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

El objetivo principal de este proyecto fue aumentar las capacidades técnicas de jóvenes de la comunidad sobre planificación, ejecución y evaluación de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático. Esto, mediante un modelo de gestión basado en ecosistemas y la construcción y aplicación de conocimiento de base científica y comunitaria. Es decir, mientras desde el lado académico podemos hacer contribuciones importantes a la medición y monitoreo de diferentes factores físicos, ecológicos y sociales, también dependemos del conocimiento, experiencia y participación de la misma comunidad para lograr respuestas efectivas. Los conocimientos ancestrales de las comunidades les han permitido vivir en sus territorios durante mucho tiempo, quizás siglos, y por lo tanto es altamente importante incluir sus percepciones y conocimientos en cualquier estudio científico. En su momento, esta decisión de trabajar de la mano de la comunidad se podía considerar como algo innovador o poco usual, pero confío en que hoy en día se haya convertido en un elemento fundamental de este proyecto académico.

Por el lado de la mitigación, y como estrategia técnica frente a la erosión costera y eventos extremos en el futuro, estamos prototipando una barrera que hemos ubicado en un costado de la isla. Funciona con la marea, entonces cuando esta aumenta, al ser permeable arrastra sedimentos. Esto permite que, al volver a bajar la marea, una parte de los sedimentos se quede allí acumulada. Por ahora, estamos monitoreando el funcionamiento de la barrera -el prototipo mide solo 2 x 3 m- para evaluar si logra algún resultado, y de qué manera este resultado se podría escalar más adelante. Este monitoreo se está realizando de la mano de la comunidad, gracias a los conocimientos que hemos compartido mediante los talleres.

Los talleres se realizaron con 15 jóvenes de la comunidad, pues ellos representan el relevo generacional y, en muchos casos, están muy motivados para buscar respuestas y soluciones a los cambios que está viviendo su territorio. En todos los talleres, tomamos como punto de partida el conocimiento propio de los jóvenes de Punta Soldado: primero, ellos nos cuentan la percepción sobre su territorio y su comprensión sobre conceptos como el oleaje, la marea y la erosión costera, entre otros. A partir de estas discusiones, empezamos a introducir los conceptos de manera científica, y empezamos a hacer un intercambio de conocimientos que promueva el diálogo de saberes. Con esto, buscamos promover habilidades de observación e investigación en los jóvenes, además de la construcción de unas guías sobre los forzadores físicos y aspectos ecológicos y sociales que forman la base para la toma de decisiones en el futuro.

A lo largo de las actividades, los jóvenes expresaron su gusto por aprender, por querer estudiar, por aportar a su isla y contribuir a un mejor futuro, incluso expresaron que nunca nadie les había dicho que podían ser parte de la solución. Actualmente, de manera voluntaria los jóvenes se han organizado para crear grupos ambientales enfocados en el manejo de los residuos sólidos, el turismo comunitario, la gestión del riesgo y la energía limpia. Todo esta historia fue visibilizada por Mutante.org, quienes nos acompañaron en una salida de campo a

Punta Soldado para visibilizar la lucha de la comunidad de la isla ante la crisis climática, con quienes me siento muy agradecida.

Escuchar a la comunidad de Punta Soldado y conocer de primera mano lo difícil que ha sido permanecer en su territorio y reconstruir sus vidas después de los desplazamientos pasados, me ha convencido del valor de la ciencia en aras de ayudar a las comunidades y, en la medida de lo posible, de la necesidad de trabajar con y aprender de ellas. Las comunidades necesitan y merecen estar en el centro de las discusiones científicas y políticas. Espero que las estrategias científicas que aportamos desde la academia contribuyan a la permanencia de Punta Soldado en el mapa colombiano en el futuro, y que pueda seguir trabajando con ellos en un futuro a largo plazo.



Punta Soldado. Foto: Jorge Luis Rocha

## El desplazamiento climático

De acuerdo con las Naciones Unidas, de los 59,1 millones de desplazados internos del mundo en el 2021, en la mayoría de los casos fue el cambio climático la causa principal, mucho más que los conflictos u otros factores<sup>1</sup>. Mientras los impactos del cambio climático sean cada vez más frecuentes y más fuertes, el fenómeno seguirá en aumento y serán millones más de personas afectadas. El Banco Mundial estima que, para el 2050, podrían ser unos 216 millones de personas obligadas a migrar, y resalta que generalmente son las personas más pobres quienes sufren mayor posibilidad de desplazamiento<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> <https://www.ohchr.org/en/press-releases/2022/06/intolerable-tide-people-displaced-climate-change-un-expert>

<sup>2</sup> <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2021/09/13/climate-change-could-force-216-million-people-to-migrate-within-their-own-countries-by-2050>



## INFORME DE INVESTIGACIÓN I

### REPORTES CEMarin

**Joven investigador CEMarin:** Jordan Estiven Ruiz-Toquica  
 Estudiante del Doctorado en Ciencias del Mar - Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, sede Santa Marta  
**Director & investigador CEMarin:** Andrés Franco Herrera Phd  
 (Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano)

# Dinámica del microbioma de *Madracis auretenra* (Scleractinia: Pocilloporidae) y respuesta fenotípica a estresores ambientales



Muestreo de *Madracis auretenra* en Bahía Chengue PNNT.  
 Foto: Catalina Gómez

Colombia se constituye como un país con una alta biodiversidad, y parte de esta biodiversidad está concentrada en los arrecifes coralinos hoy día amenazados por los efectos del cambio climático y por problemas locales como la contaminación y la variación de las condiciones fisicoquímicas del agua. Los corales como los ingenieros de este ecosistema son los principales afectados, pero se ha propuesto una esperanzadora estrategia para salvarlos, y esta estrategia involucra a las comunidades microbianas nativas de estos organismos. Se sabe que las formaciones coralinas que habitan ambientes con una alta incidencia de estresores, especialmente aquellas ubicadas entre los asentamientos urbanos, pueden albergar fenotipos resistentes y al parecer, parte de esta resistencia es provista por las bacterias con las que estos organismos establecen simbiosis. De esta manera, ha surgido la hipótesis probiótica, y ya se ha probado que la adición de bacterias con propiedades especiales puede beneficiar a los corales para enfrentar estas graves amenazas.

Este proyecto trata de explorar las comunidades microbianas nativas de corales en ambientes variables y su potencial para ayudar a que los corales se hagan resistentes a determinadas condiciones. La primera parte de este trabajo busca describir cómo son las comunidades nativas del coral *Madracis auretenra* en el sector de Inca Inca, Santa Marta-Colombia y su dinámica espaciotemporal, esto a través del metabarcoding del gen 16S ARNr. Luego, se pretende buscar dentro del componente cultivable de estas comunidades, bacterias

tipos resistentes y al parecer, parte de esta resistencia es provista por las bacterias con las que estos organismos establecen simbiosis. De esta manera, ha surgido la hipótesis probiótica, y ya se ha probado que la adición de bacterias con propiedades especiales puede beneficiar a los corales para enfrentar estas graves amenazas.



Muestreo de *Madracis auretenra* en playa Inca Inca, Santa Marta. Foto: Carolina Herrera



*Muestreo de *Madracis auretenra* en Bahía Chengue PNNT. Foto: Catalina Gómez*

que muestren cualidades probióticas tales como actividad antioxidante, actividad antimicrobiana, protección UV, entre otras. Con esto, las bacterias candidatas se identifican a nivel de género y se propone una fórmula que puede consistir en un consorcio de varias cepas o una fórmula sencilla que incluye una única cepa. Finalmente, se espera evaluar esta(s) fórmula(s) en un mesocosmos experimental, bajo condiciones controladas y en acuarios que contengan fragmentos de corales de *M. auretenra* y de otras especies. Los experimentos incluyen la dosificación, la vía de administración, y tratamientos que involucran el aumento gradual de la temperatura y la adición de un contaminante; a partir de esto, se miden variables respuesta de los fragmentos y se determina el efecto de estas fórmulas.

A la fecha, se ha avanzado en la caracterización del sitio de muestreo durante la primera estación climática, se ha obtenido el mucus y tejido, así como muestras de agua de mar con las que se extraerá el ADN total bacteriano que se usará en el metabarcoding. También, se han aislado alrededor de 139 bacterias, se han caracterizado 132 y se cuenta con 32 candidatas preliminares. Estas bacterias están en evaluación para determinar de forma cuantitativa cuáles muestran mayor actividad probiótica, y se espera proponer una fórmula que pueda emplearse en los experimentos controlados.

Estos avances han sido enriquecedores y muy prometedores, y a lo largo de este proceso he adquirido nuevo conocimiento y he tenido la oportunidad de poderlo transmitir, de hecho, mostré parte de estos avances en el Congreso de Ciencias del Mar que se celebró en Concepción, Chile en mayo del 2022, para el cual recibí el apoyo de la corporación CEMarin. He disfrutado del trabajo en campo y del trabajo en laboratorio, trabajo que ha sido arduo, constante y fructífero, y tengo fe en que con este proyecto se pueda abrir una ventana que consolide la investigación enfocada en la microbiología de los corales, y con ello, poner en marcha nuevas estrategias que puedan emplearse en la forma de hacer restauración coralina en la región del Magdalena y en el país. De esta manera, espero que el impacto que se genere permita ayudar a crecer la ciencia aplicada en mi país, y que, además, pueda aportar un granito de arena para permitir que las futuras generaciones puedan gozar de los arrecifes coralinos y de la bella y magnífica vida que nos ofrecen.



*Trabajo en equipo, Jordan Ruiz y Carolina Herrera obteniendo moco y tejido. Foto: Alejandro Yañez*



## REPORTES CEMarin

**Joven investigadora CEMarin:** Margarita Eugenia López-Alzate  
Candidata a Doctorado en Ciencias del Mar,  
Universidad Nacional de Colombia

**Directores e Investigadores CEMarin:**

Andrés F. Osorio Arias PhD (Universidad Nacional de Colombia),  
Thomas Wilke PhD (Justus Liebig University, Giessen) y  
Alejandro Orfila PhD (Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España)

### INFORME DE INVESTIGACIÓN II

# Dinámica de Mesoescala en el Mar Caribe

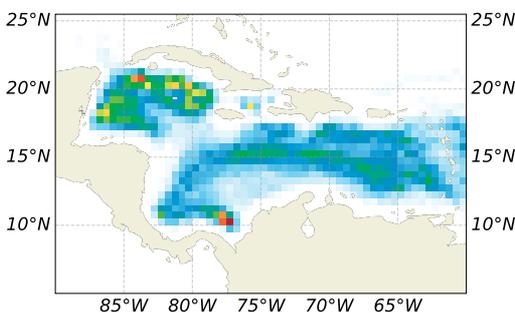
¿Por qué se mueve el agua del Océano -olas, corrientes, giros, remolinos-? Y ¿cuál es la relación con los procesos biológicos y el cambio climático?

El movimiento del agua es un proceso físico que existe porque hay una introducción, transferencia y disipación de energía. El sol calienta la superficie de la Tierra de una manera irregular. Este calor se conoce como energía térmica, y es la encargada, junto con la rotación de la Tierra, de impulsar la circulación tanto en la atmósfera como en el océano. Aquí viene la transformación de esta energía térmica a energía cinética (o de movimiento) donde la cantidad y distribución de ésta, está controlada principalmente por el equilibrio entre la atmósfera y la disipación oceánica. El resto de entrada de energía se disipa en el interior del océano o en las costas y el fondo del mar.

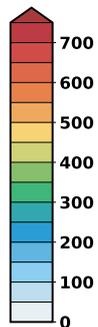
Estos procesos físicos en el océano ocurren en un rango amplio de escalas espaciales y temporales. Por ejemplo, si hablamos de cambio climático, po-

demo describir procesos en magnitudes desde los miles de kilómetros y siglos, hasta procesos asociados a la disipación molecular que involucra solo centímetros y segundos. En medio de estos dos límites podemos encontrar muchos procesos en otras escalas. Existe la Escala Global, donde tenemos procesos en escala cuenca o el fenómeno de El Niño, que espacialmente abarcan los miles de kilómetros y pueden durar décadas. Después toda esta energía se transfiere a la Mesoescala, que va desde los cientos de kilómetros y duran semanas o meses; este tipo de procesos físicos comprenden los remolinos o frentes. Esta transferencia de energía en el océano continúa hacia la sub-mesoescala a través de ondas internas o movimientos más al interior del océano; aquí ya estamos hablando -espacialmente- sobre los cientos de metros y temporalmente, en horas y días. Finalmente toda esta energía de movimiento del océano se disipa en la Microescala, en procesos que miden centímetros y duran segundos como la difusión molecular. Todo esto se conoce como la cascada directa de energía.

Densidad Diaria de Remolinos en el Mar Caribe 1993-2018



# observations



Número total de observaciones de remolinos, en cajas cuadradas de 0,5° X 0,5° de longitud lateral.  
888 remolinos (47%) son ciclónicos. 1006 remolinos (53%) son anticiclónicos.  
Por observaciones de remolinos nos referimos a cada dato diario disponible de una trayectoria de remolino dada.  
Datos de AVISO Mesoscale Eddy Trajectory Atlas Product.

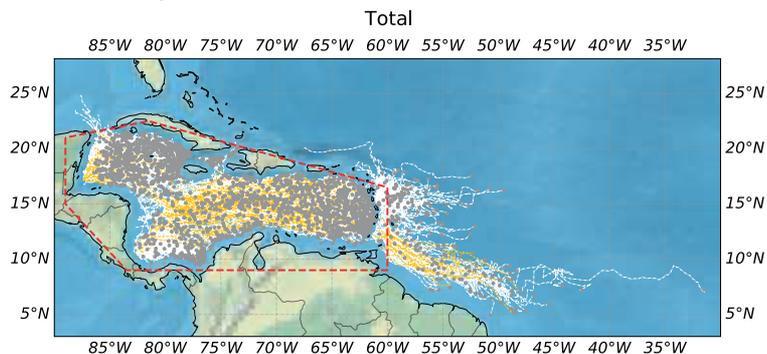
Nuestra investigación está centrada en la Mesoescala. Particularmente, en remolinos de mesoescala, porque juegan un papel muy importante no solo en la transferencia de energía en el océano sino también en el transporte de calor y en la redistribución de componentes biológicos como el fitoplancton (microalgas marinas). Estos organismos sostienen más del 95% de las redes alimentarias marinas, y son responsables de la mitad de la conversión de CO<sub>2</sub> en biomasa de la Tierra a través de la productividad primaria (NPP por sus siglas en inglés). Por lo tanto, la variabilidad de diversos atributos del fitoplancton

(e.g. biomasa, abundancia, composición) indicaría cambios en la productividad que puede utilizarse para estudiar los efectos del cambio climático.

Dicho esto, estamos trabajando en las fronteras de la oceanografía física, la biología y el clima. Nuestra hipótesis es que al entender cómo es la variabilidad de estos procesos físicos, cómo son las rutas de disipación de energía y la respuesta biológica a estos procesos, obtendremos nuevos conocimientos en la variabilidad y distribución de la productividad primaria en el Mar Caribe, que es un mar semicerrado y altamente oligotrófico; además está siendo especialmente afectado por el cambio global y esto lo convierte en un laboratorio para nuestro estudio.

Debido a la brecha respecto a la toma de datos y acceso a los mismos en Colombia, estamos usando datos disponibles de sensores remotos que, junto

### Trayectoria de los remolinos en el Mar Caribe



Por remolinos nos referimos al promedio estadístico de todas las observaciones para cada vórtice de mesoescala individual.

Número total de remolinos entre 1993 y 2016: 1894

Los puntos grises indican la ubicación inicial (donde nacen)

Líneas blancas: remolinos trayectoria hacia el oeste

Líneas amarillas: remolinos trayectoria hacia el este

Polígono rojo: remolinos formados dentro del Mar Caribe: 1684; remolinos formados fuera del Mar Caribe : 210

con conceptos de la Teoría de Sistemas Dinámicos, nos dará la base para este estudio. Sin embargo, la colaboración interinstitucional con el aporte de información de datos in situ, fortalecerá los resultados de nuestra investigación.



# PLAN NACIONAL DE EXPEDICIONES CIENTÍFICAS MARINAS

Expedición Científica

# Pacífico

EXPEDICIÓN CIENTÍFICA

# Seaflower



## CEMarin

## ¡CEMarin se suma al Plan Nacional de Expediciones Científicas para fortalecer su componente científico y contribuir al logro de sus objetivos!





## REPORTES CEMarin

Exalumna CEMarin: Ángela María Gómez García PhD  
Centro Alemán de Investigación en Geociencias (GFZ)

### INFORME DE EXALUMNO CEMarin

# Análisis de geopeligros por terremotos e hidratos de gas a partir de modelos tridimensionales de la Tierra sólida

Los geopeligros son aquellos fenómenos naturales que representan un riesgo para los humanos y el medio ambiente que les rodea, dentro de los que se encuentran los terremotos, huracanes, erupciones volcánicas y tsunamis, entre otros.

Los terremotos se generan por la liberación de energía acumulada en las regiones altamente dinámicas de la superficie terrestre, por ejemplo, las zonas de subducción o las fallas. En las subducciones, una porción de la tierra sólida se desplaza por debajo de otra, y debido a su gran extensión, afectan regiones oceánicas y continentales. Predecir la ocurrencia de terremotos es todavía un reto para la sociedad, pues se conoce muy poco de las propiedades físicas del medio donde ocurren, incluyendo el tipo de roca presente, la presión y la temperatura.

Los tsunamis se pueden desencadenar a partir de la desestabilización de grandes volúmenes de material móvil en el lecho marino (deslizamientos submarinos), o de la ruptura del fondo del mar debido a la creación o activación de fallas. Los hidratos de gas presentes en el fondo del mar son una pieza clave para la estabilidad de los taludes oceánicos, ya que estos se encuentran dentro de los sedimentos móviles. Los hidratos son sólidos, parecidos al hielo, compuestos por moléculas de gas (metano, propano, butano, entre otros) rodeadas por moléculas de agua, y son estables a altas presiones y bajas temperaturas. Estos depósitos se pueden encontrar en todos los mares y océanos del mundo, y su estabilidad se encuentra en riesgo

ante el aumento de la temperatura del océano por el calentamiento global. Si los hidratos se desestabilizan, sus moléculas de gas podrían liberarse a la atmósfera, con graves implicaciones para el cambio climático, ya que el metano tiene un efecto invernadero 80 veces mayor que el CO<sub>2</sub>. Por lo tanto, conocer la extensión y el volumen de los hidratos en los mares y océanos del mundo es fundamental, incluso para estimar su potencial contribución al calentamiento global, debido a los gases de efecto invernadero que contienen en su estructura.

La región Caribe está expuesta a diversos geopeligros, incluyendo los terremotos y la desestabilización de hidratos de gas. En mi tesis doctoral, desarrollé modelos tridimensionales de los primeros 200 km de la tierra sólida en esta región, incluyendo la estructura de los sedimentos, la corteza y el manto litosférico, integrando la mayor cantidad de datos geofísicos disponibles. En estos modelos, diversas técnicas geofísicas fueron implementa-

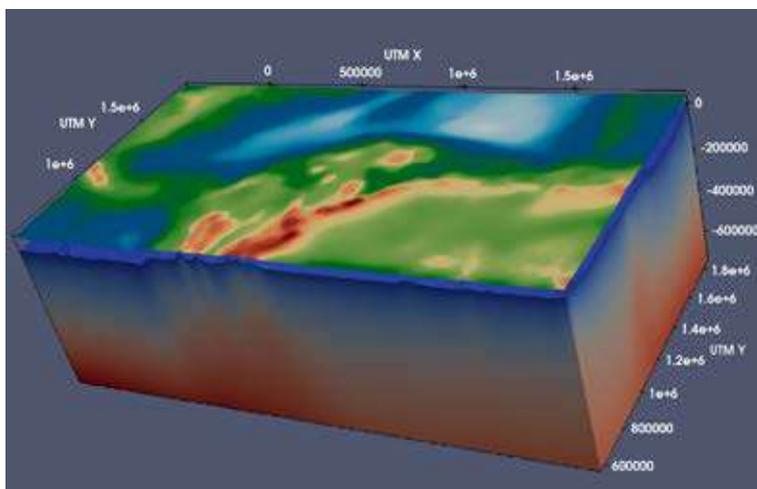


Figura 1. Modelo termal en tres dimensiones permite estudiar geopeligros en el Caribe y norte de Sur América

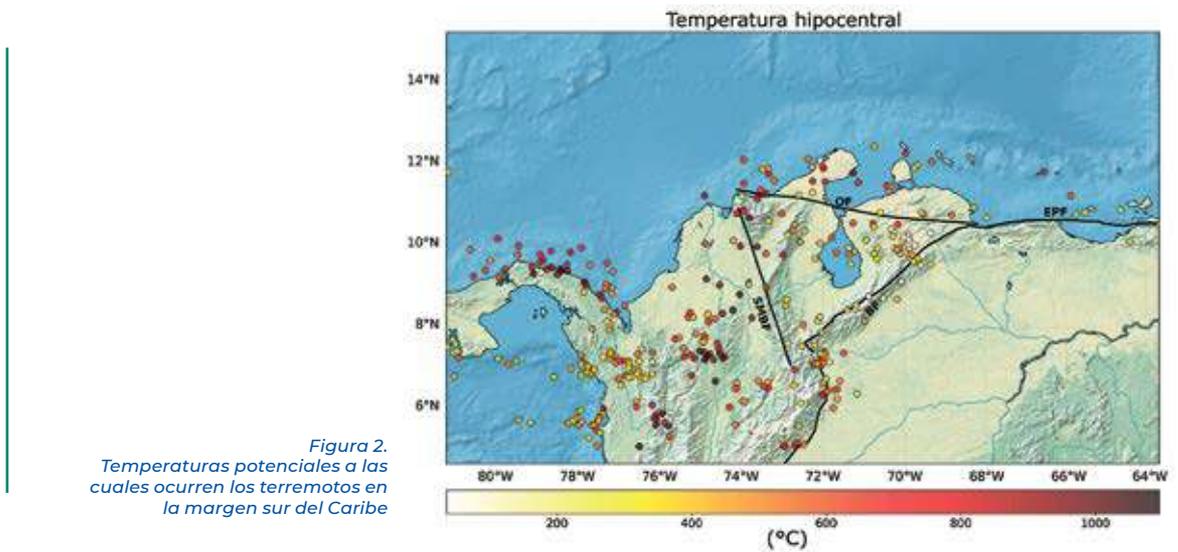


Figura 2. Temperaturas potenciales a las cuales ocurren los terremotos en la margen sur del Caribe



Figura 3. El lecho marino del Mar Caribe tiene un extenso potencial para albergar hidratos de gas (polígonos blancos). Los polígonos rojos y verdes demarcan regiones con observaciones directas de estos depósitos. Estos modelos ayudan a pronosticar la presencia de hidratos en zonas donde las mediciones directas son escasas

das incluyendo gravimetría satelital y modelación termal. Dentro de los resultados más importantes se destacan la distribución de densidades de las rocas que componen esta región, que tiene una relación próxima con su composición, así como el rango de presiones y temperaturas potenciales a las cuales se encuentran (Figura 1). Con estos modelos, es posible estimar las principales condiciones físicas a las cuales ocurren los sismos en el sur del Caribe y norte de Sur América (Figura 2), así como las zonas potenciales para la estabilidad de los hidratos de gas (Figura 3). Actualmente, me encuentro desarrollando modelos dinámicos para predecir la estabilidad de los hidratos en el Caribe hasta el año 2100, considerando distintos escenarios de temperatura del mar, dados por el sexto reporte del IPCC.

Dra. Ángela María Gómez García desarrolló su tesis doctoral en la Universidad Nacional de Colombia en cooperación con la Universidad Libre de Berlín y el Centro Alemán de Investigación en Geociencias (GFZ). Para sus estancias doctorales contó con becas de instituciones como el CEMarin, DAAD, Erasmus+, Colciencias y la Fundación para la Promoción de la Investigación y la Tecnología del Banco de la República de Colombia. Sus resultados recibieron dos premios internacionales: el “Outstanding Student Poster and PICO (OSPP) Award” de la Unión Europea de Geociencias en 2019, y una mención especial a la mejor tesis en geofísica desarrollada en una universidad de Iberoamérica, otorgada por la fundación española J. García-Siñeriz en 2021.

## Servicios ecosistémicos: ¿Cómo interpretamos el valor de la naturaleza?

El tema de los servicios ecosistémicos (SE) es fundamental en términos de bienestar, economía y gobernanza. El concepto se acuñó en los años 90, pero empezó a ganar fuerza y reconocimiento a nivel de política pública en el año 2005, con la publicación del *Millennium Ecosystem Assessment* de las Naciones Unidas. Este análisis global del impacto humano sobre los ecosistemas tuvo el fin de entender y cuantificar los beneficios que la humanidad recibe de esos ecosistemas. En el caso de los ecosistemas marino-costeros, como los manglares, pastos marinos, arrecifes coralinos, y litorales arenosos y rocosos, algunos ejemplos de SE incluyen la mitigación de la erosión costera y la captura y retención de carbono orgánico, o el Carbono Azul. Por supuesto, estos ecosistemas se encuentran cada vez más amenazados por las actividades humanas.

En este contexto, el Dr. Andrés Osorio, director ejecutivo del CEMarin, invitó a tres expertos de diversas áreas de las ciencias marinas en Colombia al primer capítulo de la tercera temporada de nuestro Podcast por los océanos, para conversar acerca de los SE y las estrategias necesarias para un manejo adecuado de los mismos. Agradecemos a los investigadores CEMarin, Dr. Ernesto Mancera (Universidad Nacional de Colombia) y Dr. Juan Armando Sánchez (Universidad de los Andes), y la Dra. Paula Zapata (Pontificia Universidad Bolivariana), investigadora asociada del CEMarin, por aceptar la invitación y compartir sus ideas. Aquí les compartimos algunas ideas centrales de la discusión.

Los tres invitados están de acuerdo en que los SE son una manera de relacionarnos con los ecosistemas que nos rodean, un constructo social hecho por los seres humanos. Debemos tener en cuenta que el concepto de los SE no tiene un propósito fundamentalmente utilitario, sino que los SE contribuyen a entender el valor de los servicios que recibimos de la naturaleza en términos de bienestar y salud humana, y la regulación del clima global, entre otros beneficios. El Dr. Mancera afirma que si bien inicialmente no le gustó el concepto, a través del tiempo se ha convencido de su mérito a la hora

de conversar con tomadores de decisiones y otros actores que trabajan con ecosistemas. En esta línea, el Dr. Sánchez comenta que los SE aparecen 33 veces en el capítulo sobre los océanos y recursos hidrobiológicos de la Misión de Sabios -un informe fundamental sobre el futuro de la ciencia, la tecnología y la innovación en Colombia-, lo cual reafirma la importancia del concepto en la esfera pública.

**“los SE contribuyen a entender el valor de los servicios que recibimos de la naturaleza en términos de bienestar y salud humana, y la regulación del clima global, entre otros beneficios.”**

Como ejemplo de la importancia de los SE marino-costeros, la Dra. Zapata destaca el caso de los arrecifes de corales en la Reserva Biósfera Seaflower, la tercera barrera arrecifal más grande del mundo. La Dra. Zapata ha trabajado para determinar el rol de este ecosistema en la mitigación y prevención de riesgos frente a eventos extremos como los huracanes, un rol que representa un valor cuantificable aunque no sea en términos únicamente monetarios. El fin es brindar insumos al manejo integral del territorio y asegurar la sostenibilidad

de la barrera, para que siga prestando SE, en un futuro en el que habrá cada vez más eventos extremos debido al cambio climático.

Con relación a las estrategias que deberíamos tener a corto plazo para revertir los impactos negativos en los ecosistemas, los tres expertos coinciden en que el conocimiento es clave para la toma de decisiones informadas: siempre habrá intervenciones antrópicas, la cuestión es cómo manejar de manera inteligente los ecosistemas.

En este aspecto, la Dra. Zapata agrega el tema del diálogo de saberes, dado que los conocimientos ecológicos de todos los actores son importantes en la construcción de un conocimiento holístico que realmente sirve como un insumo efectivo para la toma de decisiones informadas. Sin escuchar a las comunidades que dependen directamente de los ecosistemas marino-costeros para su sustento, aumentamos los riesgos relacionados con la seguridad alimentaria, y también con los materiales genéticos que son insumo para productos farmacéuticos, entre muchos otros.

Relacionado con esta necesidad del conocimiento, la Dra. Zapata habla de un estudio del Reino Unido que concluyó, después de muchos años de explotación de hidrocarburos en el Mar del Norte, que la protección de esos fondos sedimentarios hubiera tenido un valor mucho mayor en términos de la captura de carbono comparado con las ganancias económicas de las actividades extractivistas. En Colombia también se requiere de unos análisis integrales que consideren los impactos a corto y largo plazo de este tipo de actividades, dado que son cada vez más los lugares designados para la exploración minera en mar profundo.

El Dr. Sánchez profundiza el caso de los mercados de los bonos de carbono, donde el Carbono Azul viene tomando un rol protagónico por el potencial

enorme de los ecosistemas marino-costeros en esta área. Explica que una tonelada de carbono secuestrado al año puede tener un valor económico de entre \$20.000 y \$4.000.000 USD. En esta medida debemos enfocarnos en cuantificar cuántos bonos de carbono estamos capturando y cómo podemos promover esta estrategia. De nuevo, esto demuestra la importancia de la ciencia, en cuanto permite aportar el conocimiento sobre dónde y cómo se puede secuestrar el carbono para lograr esta transformación que tanto necesitamos los seres humanos y los ecosistemas de que dependemos.

Agradecemos a los tres invitados por compartir su experticia, y les invitamos a todos a escuchar la conversación completa en este nuevo capítulo de nuestro Podcast por los océanos.

The image is a promotional graphic for a podcast. It features a background of a person fishing on a rocky shore at sunset or sunrise. The text 'PODCAST POR LOS OCEANOS' is centered at the top. Below it, the text 'Escanea el código para escuchar' is displayed. A large QR code is positioned in the lower right quadrant. At the bottom left is the CEMarin logo, and at the bottom right is the Spotify logo with the text 'Listen on Spotify'.

Conferencia  
Internacional  
en Ciencias  
Marinas

# ICMS<sup>20</sup><sub>23</sub>



TRABAJANDO HOY  
POR LOS OCÉANOS  
DEL FUTURO

CARTAGENA  
COLOMBIA

## 21 - 24

FEBRERO DE 2023  
EVENTO MIXTO, PRESENCIAL - ONLINE



## Conferencistas

marinescience.co



**Dr Martin  
Visbeck**

Head of the Physical  
Oceanography Research Unit  
GEOMAR Helmholtz Center for  
Ocean Research, Kiel



**Dr Fernanda  
Adame Vivanco**

Senior Research Fellow  
Australian Rivers Institute,  
Griffith University



**Dr Arnaldo  
Valle-Levinson**

Professor and Graduate Coordinator  
of Coastal Engineering,  
Herbert Wertheim College  
of Engineering,  
University of Florida



**Dr Oscar  
Puebla**

Joint professorship on Fisheries Ecology  
Institute for Chemistry and Biology of  
the Marine Environment, Universität  
Oldenburg and the Leibniz Center for  
Tropical Marine Research  
Affiliated to the Smithsonian Tropical  
Research Institute in Panama



**Dr Joseph  
Pawlik**

Frank Hawkins Kenan Professor  
of Marine Biology,  
University of North Carolina  
Wilmington



**Dr Richard  
Meissner**

Associate Professor, Department  
of Political Sciences  
University of South Africa

