



Boletín

EXPEDICIÓN CIENTÍFICA PACÍFICO 2023

GOLFO DE TRIBUGÁ CABO CORRIENTES



**Gobierno de
Colombia**



**Comisión
Colombiana
del Océano**

CONSTRUYENDO PAÍS MARÍTIMO

Boletín EXPEDICIÓN CIENTÍFICA PACÍFICO 2023

GOLFO DE TRIBUGÁ CABO CORRIENTES



Plan Nacional
de Expediciones
Científicas Marinas

PROGRAMA
Pacífico



Gobierno de
Colombia



Ciencias



Comisión
Colombiana
del Océano

CONSTRUYENDO PAIS MARÍTIMO



ARMADA
DE COLOMBIA
Protégemos el azul de la bandera



Ministerio de Defensa Nacional
Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana



PARQUES NACIONALES
NATURALES DE COLOMBIA



CODECHOCÓ
Corporación Autónoma Regional
Para el Desarrollo Sostenible del Cauca



CEMarin
Corporación Centro of Excellence
en Ciencias Marítimas



EXPEDICIÓN CIENTÍFICA PACÍFICO 2023

GOLFO DE TRIBUGÁ CABO CORRIENTES

COMISIÓN COLOMBIANA DEL OCÉANO

Gustavo Petro Urrego

Presidente

Contralmirante Darío Eduardo
Sanabria Gaitán

Secretario Ejecutivo

Teniente Fragata Fleider Guerra Pantoja

Jefe Asuntos Marinos y Costeros

Juliana Torres Acero

Asesora Ecosistemas Estratégicos

John Dorado Roncacio

Asesor Ecosistemas Estratégicos del Pacífico

MESA TÉCNICA INTERSECTORIAL

Ministerio de Ambiente y Desarrollo
Sostenible

Dirección General Marítima

Centro de Investigaciones
Oceanográficas e Hidrográficas del
Pacífico

Parques Nacionales Naturales de
Colombia

Instituto Geográfico Agustín Codazzi

Instituto de Investigaciones
Ambientales del Pacífico

Corporación Centro de Excelencia en
Ciencias Marinas

MESA DE ARTICULACIÓN TERRITORIAL

Corporación Autónoma Regional
para el Desarrollo Sostenible
del Chocó

Asociación de Consejos
Comunitarios General Los Riscales

Consejo Comunitario de la
Comunidad Negra de Nuquí

Consejo Comunitario de la
Comunidad Negra de Arusí

Consejo Comunitario de la
Comunidad Negra de Partadó

Consejo Comunitario de la
Comunidad Negra de Termales

Consejo Comunitario de la
Comunidad Negra de Joví

Consejo Comunitario de la
Comunidad Negra de Coquí

Consejo Comunitario de la
Comunidad Negra de Panguí

Consejo Comunitario de la
Comunidad Negra de Tribugá

Consejo Comunitario de la
Comunidad Negra de Jurubirá

AUTORES

Dirección General Marítima

Paola Echeverry Hernández
Stephany Montoya Sáchica
Liliana Sánchez Manco

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés

Natalia Rivas
Giomar Borrero
Luis Chasqui
Katherine Mejía

Instituto Geográfico Agustín Codazzi

Nelson Andrés Nieto
Mónica Patricia González Palacio
Johan Andrés Avendaño Arias

Universidad Nacional de Colombia, Sede Caribe

Arturo Acero Pizarro
Alejandra Puentes Sayo

Universidad del Valle

José Julián Tavera
Juan David Arias

Universidad del Tolima

Paulo J. Murillo-Sandoval
Mauricio A. Perea-Ardila

Universidad de Los Andes

Susana Caballero Gaitán

Corales de Paz

Andrea Caicedo González
Angela Alegría Ortega
Laura Cotrino Salcedo
Camila Mariño Ramírez

**Fondo Mundial para la Naturaleza –
WWF Colombia**

Héctor Arsenio Tavera Escobar
Luis Alonso Zapata Padilla
Beatriz Susana Beltrán León
Julio César Herrera Carmona
Rodrigo Andrés Baos Estupiñán

Fundación Macuáticos Colombia

Natalia Botero Acosta
María Camila Medina Martínez

**Fundación Plástico Precioso
Uramba**

Robert Vivas Londoño
Sergio Pardo Roza
Laura Fúquene Giraldo
Daniela Ortiz Campo
José Alejandro Rojas Venegas
Tatiana Peralta

Fundación Yubarta

Laura Daniela Benítez Benítez

Florida International University

Diego Cardeñosa
María Alejandra Herrera
Lui Kawasumi

SABEDORES TRADICIONALES

Alirio González Moreno, Ángel
Reineiro Mosquera, Antonio
García, Antonio Pandales
Marmolejo, Armando Murillo
Asprilla, Aura Yadira García,
Azael Rodríguez Pacheco, Bairon
Manyoma Martínez, Candido
Wilson González, Cosme Jesus
Posso, Dabinson Córdoba Díaz,
Dairo Lorenzo Cajiao Pandales,
Dayan Camilo García Palacio,
Diana Chiquillo Hoyos, Diana
Milena Gamboa, Duvan Camilo
Morante Medina, Edison Palacios
Martínez, Edwin Ricardo González
Murillo, Eiser Madenson Valencia
Gamboa, Elvis Valencia, Fernelis
Rio Perea, Francisco Mena Díaz,
Franklin Moreno Perea, Frerdy
Heroito Martínez, Gerineldo Valdés
Mosquera, Harry Ovidio Asprilla
Padilla, Herlin Nilo Moreno Perea,

Jhonnier Moreno Ruiz, Jorge
Enrique Murillo Palacios, José
Aurelio Palacios Abadia, José
Florencio Sánchez Palacios, José
Leny Rivas Perea, Juan Camilo
Mosquera, Julio Ibarguen Palacios,
Luis Antonio Lloreda Mosquera,
Marcelina Moreno Asprilla, Nilier
Moreno Asprilla, Nubia Yolanda
Caicedo, Pascal Wenseslao Longa,
Paulino Mendoza, Paulo Antonio
Ibarguen Mosquera, Pedro Ángel
Mena Moreno, Placido Guaitoto
Hurtado, Rene Pretelt Valencia,
Tomas Martínez Gamboa, Wilfrido
Rios, Yerson González Murillo.

COORDINACIÓN EDITORIAL

Juliana Torres Acero
**Coordinación Plan Nacional de
Expediciones Científicas Marinas**

Maria Alejandra Duarte Fajardo
Coordinación Programa Pacífico

John Dorado Roncacio
Coordinación Programa Pacífico

Daniela Sandoval Ramírez
**Asistente Ecosistemas Estratégicos
del Pacífico**

Fabián Velázquez González
Asistente Ecosistemas Estratégicos

AGRADECIMIENTOS

Capitán de Navío Juan Camilo Forero
Hauzeur, Andrés Osorio Arias,
Teniente de Navío Sebastián Reyes,
Damian S. Pardo, Camila Salazar,
Angie Grimaldos, Santiago Hidalgo,
Andrés Reyes, María Salas Cabezas,
Alberto Vizcaino Soto.

CITACIÓN

CCO. (2026). Boletín Expedición
Científica Pacífico 2023 Golfo de
Tribugá - Cabo Corrientes. Bogotá
D.C.: Editorial Puntoaparte Editores.



Andrés Barragán
Dirección editorial

Juan Mikán
Corrección de estilo

Inti Alonso
Dirección de arte

Valeria Cobo
Diseño y diagramación

Guillermo Torres Carreño
Steven Pinzón Rodríguez
María del Mar Giraldo Montoya
Sebastián Calderón Ibarra
Ilustración

ISSN
3028-4090

Comisión Colombiana del Océano
Carrera 86 No. 51 - 66 Oficina 306
| Edificio World Business Center
| www.cco.gov.co | Bogotá D.C.,
Colombia | Junio, 2026

“Boletín Expedición Científica Pacífico
2023 Golfo de Tribugá - Cabo
Corrientes” es una publicación de
carácter técnico e informativo. Su
edición cuenta con el ISSN 3028-4090
para formato digital e impreso.

Este producto intelectual está
protegido por el copyright ©
y cuenta con una política de
acceso abierto para su consulta.
Sus condiciones de uso y
distribución están definidas por el
licenciamiento Creative Commons.

Contenido

Presentación

Pág. 8



**Ciencia en el Chocó
Biogeográfico:
descubriendo los
tesoros naturales**

Pág. 10

**Manglares: una década
de cambio**

Pág. 22



**Protocolo Reef Check:
monitoreo participativo
de la salud de los
arrecifes coralinos**

Pág. 36



**Tribugá, limpia y
sostenible**

Pág. 14



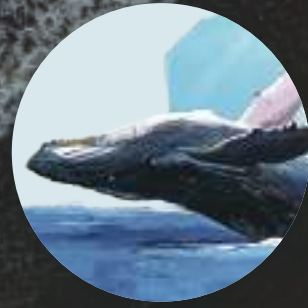
**Mapeo de la cobertura de
manglar y sus motores
de cambio en el Pacífico
chocoano**

Pág. 28



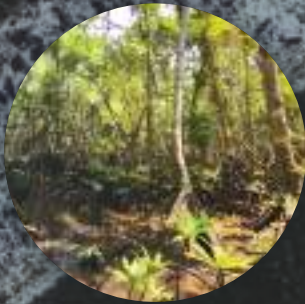
**Caracterización poblacional
de una especie de pepino de
mar con alto valor comercial**

Pág. 42



**Distribución y ocurrencia de
pequeños cetáceos**

Pág. 70



**Migraciones de peces
en la zona costera
y de manglar**

Pág. 48



**Diversidad de peces en
los jardines de corales
negros**

Pág. 60



**Estado del manglar desde
imágenes satelitales y su
manejo desde la comunidad**

Pág. 76



**Diversidad de peces en los
ecosistemas marino-costeros**

Pág. 56



**Detección, distribución y
abundancia de tiburones
y rayas críticamente
amenazados**

Pág. 66



**PaSIGfco, sistema de
información geográfico del
Pacífico colombiano**

Pág. 80

Referencias

Pág. 86

Expedición Científica

Pacífico 2023

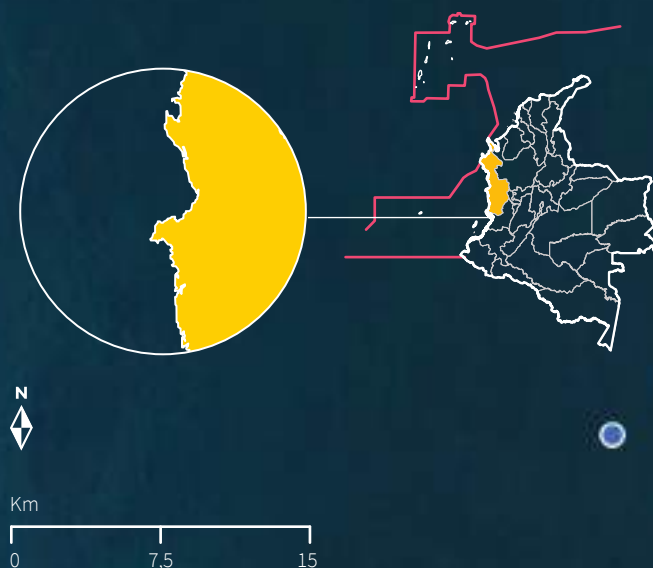
Golfo de Tribugá - Cabo Corrientes

El golfo de Tribugá y Cabo Corrientes representa un área de excepcional importancia biológica en el Pacífico colombiano, región considerada como uno de los 25 centros de biodiversidad y endemismo más importantes del planeta. Esta zona alberga aproximadamente 2.500 hectáreas de bosques de manglar, además, concentra una de las mayores cantidades de arrecifes rocosos de la región que funcionan como áreas de crianza para especies clave, evidenciando su papel fundamental en la conectividad ecosistémica. Esta diversidad de hábitats no solo sustenta redes tróficas marinas complejas, sino que también provee servicios ecosistémicos esenciales para las comunidades locales, constituyendo el pilar del sostenimiento económico, cultural y de la cosmovisión de las poblaciones que dependen de la pesca artesanal y otros sistemas productivos tradicionales.

Proyectos de investigación

-  Tribugá: limpia y sostenible
-  Manglares: una década de cambio
-  Mapeo de la cobertura de manglar y sus motores de cambio en el Pacífico chocoano
-  Caracterización poblacional de una especie de pepino de mar con alto valor comercial
-  Migraciones de peces en la zona costera y de manglar
-  Diversidad de peces en los ecosistemas marino-costeros
-  Diversidad de peces en los jardines de corales negros
-  Detección, distribución y abundancia de tiburones y rayas críticamente amenazados
-  Estado del manglar desde imágenes satelitales y su manejo desde la comunidad
-  Distribución y ocurrencia de pequeños cetáceos
-  PaSIGfco, sistema de información geográfico del Pacífico colombiano
-  Protocolo Reef Check: monitoreo participativo de la salud de los arrecifes coralinos

 Áreas protegidas





Presentación

El planeta atraviesa un momento decisivo para la conservación de sus ecosistemas marinos y costeros. En Colombia, estos espacios cumplen un papel esencial como reguladores del clima, refugio de biodiversidad única y soporte de actividades productivas fundamentales para las comunidades locales y la economía nacional. Sin embargo, las presiones derivadas del cambio climático, la pérdida de hábitats, la contaminación, la pesca ilegal y la expansión no planificada de las actividades humanas exigen esfuerzos cada vez más articulados para garantizar su resiliencia a largo plazo.

Como nación bioceánica y reconocida entre los países megadiversos del mundo, Colombia alberga una riqueza excepcional en sus ambientes marinos y costeros. En el Caribe y el Pacífico se encuentran arrecifes coralinos, manglares, praderas de pastos marinos, estuarios, zonas de surgencia, montes submarinos y extensas áreas de conectividad transfronteriza que sostienen ciclos clave para especies de alto valor ecológico y comercial. Esta diversidad se manifiesta no solo en la abundancia de especies, sino también en la presencia de ecosistemas altamente especializados, endemismos y dinámicas oceánicas que convierten al territorio marítimo colombiano en un laboratorio natural de relevancia global.

Conscientes de esta riqueza y de los desafíos que enfrenta, el país ha consolidado un marco de políticas públicas orientado a la protección y el uso sostenible de los espacios oceánicos, costeros e insulares. Entre los principales instrumentos se destacan la Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares (PNAOCI) y la Política Nacional del Océano y los Espacios

Costeros (PNOEC), que orientan la gestión integral basada en ecosistemas y el fortalecimiento institucional en el ámbito marino-costero. A ello se suma el CONPES 3990 "Colombia Potencia Bioceánica Sostenible 2030", que impulsa una visión de país bioceánico, fomenta la investigación científica y promueve el desarrollo sostenible del territorio oceánico nacional. Estos lineamientos han sido determinantes para consolidar una agenda estratégica que vincula ciencia, sostenibilidad y gobernanza.

En 2014, bajo el liderazgo de la Secretaría Ejecutiva de la Comisión Colombiana del Océano (SECCO), inició el Plan Nacional de Expediciones Científicas Marinas (PNEC), concebido como una estrategia de Estado para fortalecer el conocimiento de los espacios marinos y costeros, proteger el patrimonio natural y cultural, dinamizar el desarrollo sostenible y contribuir a la toma de decisiones fundamentadas en evidencia científica. El PNEC cuenta con dos programas estratégicos: el Programa Seaflower en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, y el Programa Pacífico, orientado al fortalecimiento de las capacidades científicas y de gobernanza en los cuatro departamentos de esta región.

Un eje fundamental del PNEC ha sido su modelo de articulación intersectorial y territorial, que integra los esfuerzos del sector defensa, las autoridades ambientales, las instituciones científicas y académicas, el sector productivo, organizaciones de base comunitaria y entidades del orden nacional y regional. Este modelo reconoce el conocimiento ancestral de las comunidades negras, indígenas y raizales, cuyos aportes enriquecen los procesos de investigación y fortalecen la relación entre la ciencia, la cultura y el territorio.



El Pacífico colombiano, con una extensión aproximada de 339.100 km², equivalente al 16,4 % del territorio nacional y con frontera oceánica compartida con Panamá, Ecuador y Costa Rica, constituye una región de alto valor estratégico para el país por su importancia geográfica, ambiental y socioeconómica. Su carácter marítimo-costero demanda el fortalecimiento del conocimiento científico, la gobernanza y la planificación del territorio, con el fin de impulsar un desarrollo sostenible que beneficie a las comunidades locales y contribuya a la seguridad, la conectividad y la proyección marítima de Colombia.

En coherencia con esta visión, y como parte del Programa Pacífico del PNEC, desde 2018 se han realizado cuatro expediciones científicas marinas en la región. Estas acciones han permitido generar información estratégica para la gestión ambiental, el ordenamiento marino-costero y la articulación institucional en territorios históricamente subestudiados.

Es así como en marzo de 2023 se llevó a cabo la Expedición Científica Pacífico Golfo de Tribugá – Cabo Corrientes, en el departamento del Chocó, bajo el liderazgo de la CCO y con el financiamiento del Programa Colombia Bio del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. La expedición contó con el apoyo de la Armada Nacional de Colombia, la Dirección General Marítima, la Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó (CODECHOCÓ), la Corporación Centro de Excelencia en Ciencias

Marinas (CEMARIN) y las instituciones que integraron la mesa técnica intersectorial. Su desarrollo permitió consolidar información clave sobre ecosistemas marinos y costeros, biodiversidad, dinámica oceánica, riesgos naturales y socioecosistemas que sostienen la vida y las economías locales de la región.

El presente boletín tiene como propósito exponer, de manera clara y visual, los principales resultados de la Expedición Científica Golfo de Tribugá – Cabo Corrientes 2023, contribuyendo a fortalecer la apropiación social del conocimiento y a facilitar su incorporación en procesos de planificación territorial, conservación y toma de decisiones.

Extiendo un especial reconocimiento a los investigadores y a las organizaciones participantes, cuyo compromiso y rigurosidad hicieron posible el diseño, ejecución y análisis de los proyectos desarrollados.

Agradezco a Puntoaparte Editores, cuyo trabajo creativo fortaleció la dimensión comunicativa de esta publicación, facilitando su acceso y comprensión para diversos públicos, especialmente en los territorios marino-costeros del país.

Contralmirante DARÍO EDUARDO SANABRIA GAITÁN
Secretario Ejecutivo de la Comisión Colombiana del Océano

Ciencia en el Chocó Biogeográfico: descubriendo los tesoros naturales

Golfo de Tribugá - Cabo Corrientes

La extensión del Chocó Biogeográfico, desde la cordillera Occidental hasta las costas del océano Pacífico, es reconocida como una de las regiones con mayores índices de biodiversidad. Este corredor biológico no solo se constituye de selva húmeda tropical, sino también de un complejo sistema de intercambio de vida donde la tierra y el mar se entrelazan.

El golfo de Tribugá, ubicado en el departamento del Chocó en el Pacífico colombiano, es una zona de alto valor comercial, ecológico y social. La exuberante riqueza del golfo de Tribugá se caracteriza por albergar diversos ecosistemas estratégicos, como bosques de manglar, fondos rocosos y arrecifes de coral, que sirven de refugio para especies de alto valor comercial y de importancia ecológica.

La diversidad de esta zona está estrechamente ligada a las comunidades locales, quienes han desarrollado un modelo de vida basado en el uso sostenible y el

beneficio mutuo con su territorio. Consecuentemente, estos ecosistemas diversos, resistentes y resilientes impactan positivamente la economía local. Dentro de los bienes y servicios ecosistémicos que brinda el golfo a las comunidades se listan algunos vitales como los de abastecimiento, regulación y soporte, así como los culturales. La gran biodiversidad que alberga esta zona ha logrado que esta se posicione a nivel nacional como un Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) y a nivel internacional como un Hope Spot por Misión Blue.

El DRMI Golfo de Tribugá - Cabo Corrientes, con una extensión total de 601,83 km², es un área protegida administrada por la autoridad ambiental regional Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó (CODECHOCÓ). Esta área protegida colinda en el norte con el Parque Nacional Natural Utría, administrado por Parques Nacionales Naturales de Colombia y al sur con el DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó, administrado por CODECHOCÓ.

El DRMI Golfo de Tribugá, junto con parte del PNN Utría y el DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó, conformaron el área de estudio de esta expedición científica, que abarcó un total de 4.402 km² (Runap, 2026), donde once entidades y 38 investigadores desarrollaron doce proyectos de investigación cubriendo diferentes grupos taxonómicos y ecosistemas.

El rigor científico de la expedición se materializó en estudios especializados sobre tiburones, rayas, corales, peces y mamíferos marinos, así como en la evaluación del estado de los manglares y la problemática del manejo de residuos sólidos. Asimismo, se implementó un proyecto transversal basado en sistemas de información geográfica (SIG), permitiendo integrar los datos recolectados en una visión espacial precisa del territorio. Este despliegue no genera únicamente líneas base para la ciencia, sino que también fortalece el modelo de cooperación entre la academia, las autoridades ambientales y el conocimiento ancestral.





Biodiversidad registrada



486

Registros
biológicos



A partir de
316
estaciones y/o
localidades de
muestreo

Esto permitió identificar

321

especies de fauna y

9

especies de flora



298
peces



8
Mamíferos



6
Equinodermos



3
Moluscos



2
Crustáceos



2
Corales



1
Reptiles



1
Tunicados

Los peces constituyeron el grupo con mayor número de registros, con cerca de 300 especies que abarcaron una amplia diversidad de familias de especies óseas, entre los que se destacan el pez vela o el macabí, además de 8 especies de cartilaginosos, incluyendo rayas, mantas y tiburones.

Las diferentes investigaciones en la ECP2023 muestran que, para el sistema global utilizado para clasificar el riesgo de extinción de las especies, la gran mayoría de las especies registradas se encontraron en la categoría de Preocupación Menor (LC), representando el 66 % del total (212 especies), lo que indica que una parte significativa de la biodiversidad registrada no enfrenta amenazas inmediatas según los criterios de la Lista Roja de la Unión Internacional por la Conservación de la Naturaleza (UICN).



Figura 1. Caracterización del estado de conservación de las especies registradas en el golfo de Tribugá - Cabo Corrientes ECP2023 a partir de las categorías de la Lista Roja de la UICN.

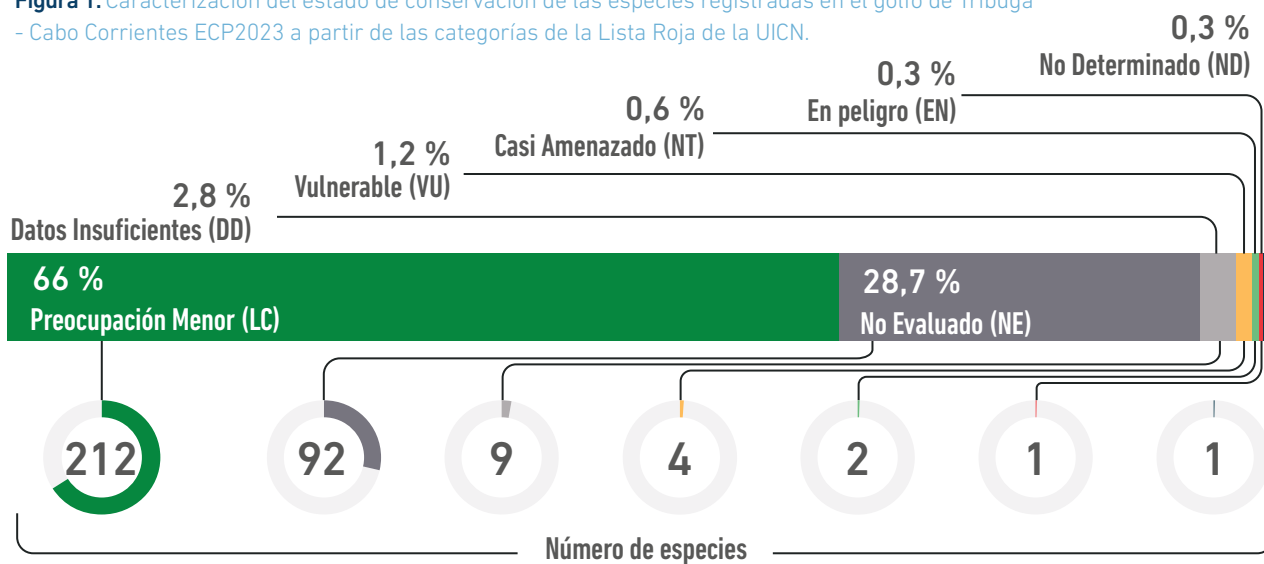
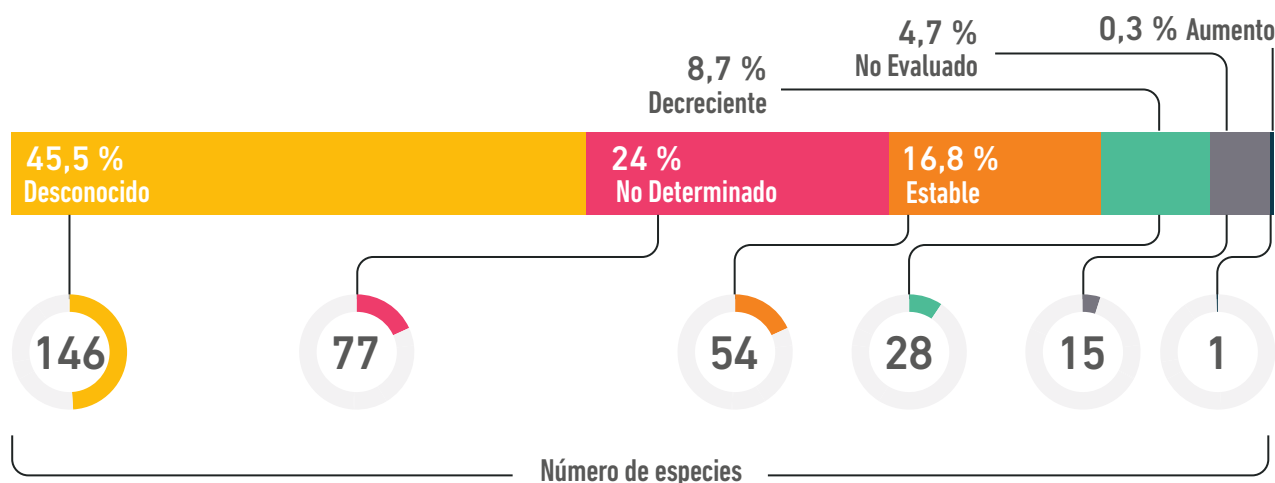




Figura 2. Tendencia poblacional de las especies registradas en la ECP2023 a partir de las categorías de la Lista Roja de la UICN.



Tecnologías de la información

Se implementaron como un eje transversal fundamental para la recolección, análisis y difusión de los datos científicos. Se destaca el fortalecimiento de la herramienta

PaSIGfco, como el Sistema de Información Geográfico del Pacífico colombiano integrador de información. Estas tecnologías permitieron pasar de la recolección de

datos en campo a la generación de herramientas de ciencia abierta, facilitando que el conocimiento sea accesible para investigadores, autoridades y comunidades locales.



Calidad ambiental monitoreada

La contaminación por residuos sólidos marinos, especialmente plásticos, representa una amenaza creciente y un "enemigo

silencioso" para la biodiversidad y las comunidades del golfo de Tribugá. Los macroplásticos fueron los residuos predomi-

nantes, los cuales arriban a la costa arrastrados por corrientes y vientos.

Tribugá, limpia y sostenible

Golfo de Tribugá - Cabo Corrientes

Robert Vivas Londoño, Sergio Pardo Rozo, Daniela Ortiz Campo, Laura Fúquene Giraldo, Tatiana Peralta y José Alejandro Rojas Venegas
Fundación Plástico Precioso Uramba

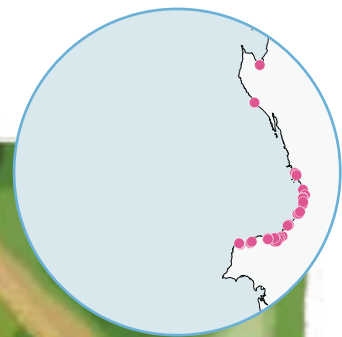
Un tesoro en riesgo

El golfo de Tribugá es considerado uno de los lugares más biodiversos del mundo. En sus aguas se encuentran especies de importancia ecológica y económica, y en sus costas prosperan comunidades afrodescendientes e indígenas que conservan un estrecho vínculo cultural con el territorio. Los manglares, playas y esteros no solo son refugio de vida marina, sino también fuente de sustento, identidad y tradición.

Sin embargo, esta riqueza enfrenta una amenaza creciente: la contaminación por residuos sólidos marinos. Los plásticos, en especial, se han convertido en un enemigo silencioso que invade los ecosistemas, deteriora la calidad de vida de las comunidades y pone en riesgo la salud humana. El aumento de botaderos a cielo abierto y la llegada de corrientes marinas cargadas de desechos han intensificado el problema en Tribugá y sus alrededores.

En respuesta, se desarrolló un proceso participativo con el apoyo de los Consejos Comunitarios Locales (CCL) de Coquí, Joví, Nuquí, Jurubirá, Tribugá, Panguí, Termales y Arusí (**figura 1**). Esta colaboración permitió construir una línea base de datos que hoy constituye un insumo clave para la toma de decisiones en el territorio.

▼
Puntos de muestreo efectivos del proyecto



▲
Piande
Basiliiscus galeritus



Figura 1. Corregimientos del golfo de Tribugá. A) Coquí, B) Joví, C) Nuquí, D) Jurubirá, E) Tribugá, F) Panguí y G) Arusí.

A.



B.



C.



D.



E.



F.



G.



Escuchar, crear y entregar

Este proyecto se diseñó bajo una metodología circular y participativa, con el propósito de integrar a las comunidades en todas las fases del proceso. Inspirada en el diseño centrado en las personas, la estrategia se articuló en tres fases:

1. Fase de escuchar: por medio de la cartografía social se realizaron recorridos y recolección de información sobre macrorresiduos, microplásticos e hileros; además, se desarrolló un taller teórico-práctico con las comunidades en los que se identificó la tipología del

plástico y las principales problemáticas y percepciones frente a la contaminación plástica en el territorio.

Con respecto a la recolección de información sobre macrorresiduos y microplásticos, se empleó la metodología del grupo Científicos de la Basura de Chile (Científicos de la Basura, s.f.), quienes, a través de capacitaciones y acompañamiento, asesoraron al equipo en las diferentes etapas del proyecto (**figura 2**).

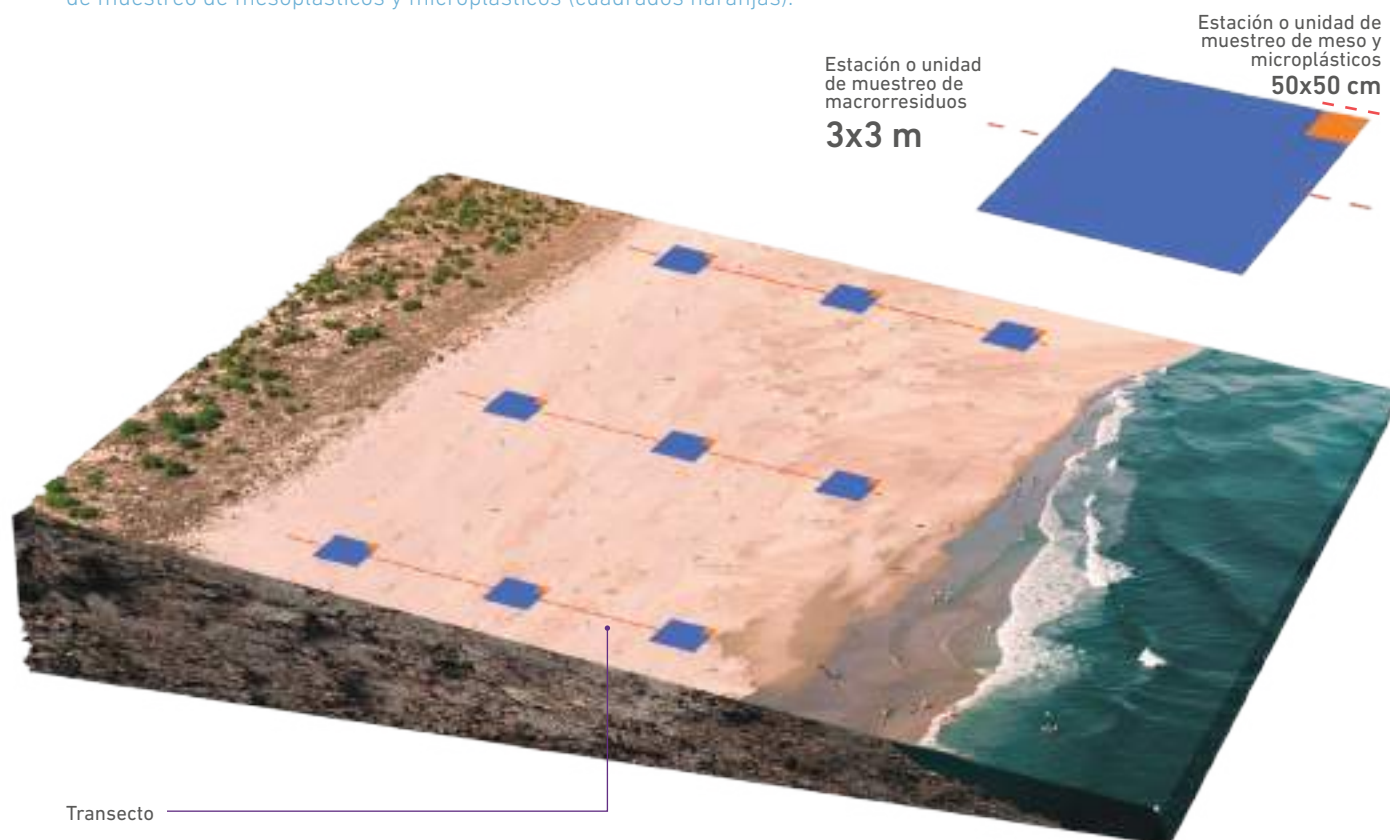
2. Fase de crear: por medio de la recopilación y el análisis de la información de la fase anterior se visualiza el impacto de este

fenómeno y se realiza un análisis comparativo con la investigación “Uramba, Bahía Málaga limpia y sostenible”, desarrollada en la Expedición Científica Pacífico **Bahía Málaga** organizada por la Comisión Colombiana del Océano (CCO), con el fin de identificar similitudes, diferencias y hallazgos en diferentes actores de la región.

3. Fase de entregar: socialización de los resultados con las comunidades participantes y autoridades competentes mediante la creación de contenidos de difusión que promuevan acciones locales para la gestión integral de residuos.



Figura 2. Esquema de disposición de transectos y estaciones de muestreo de macrorresiduos (cuadrados azules) y estaciones de muestreo de mesoplásticos y microplásticos (cuadrados naranjas).



Los plásticos dominan el paisaje

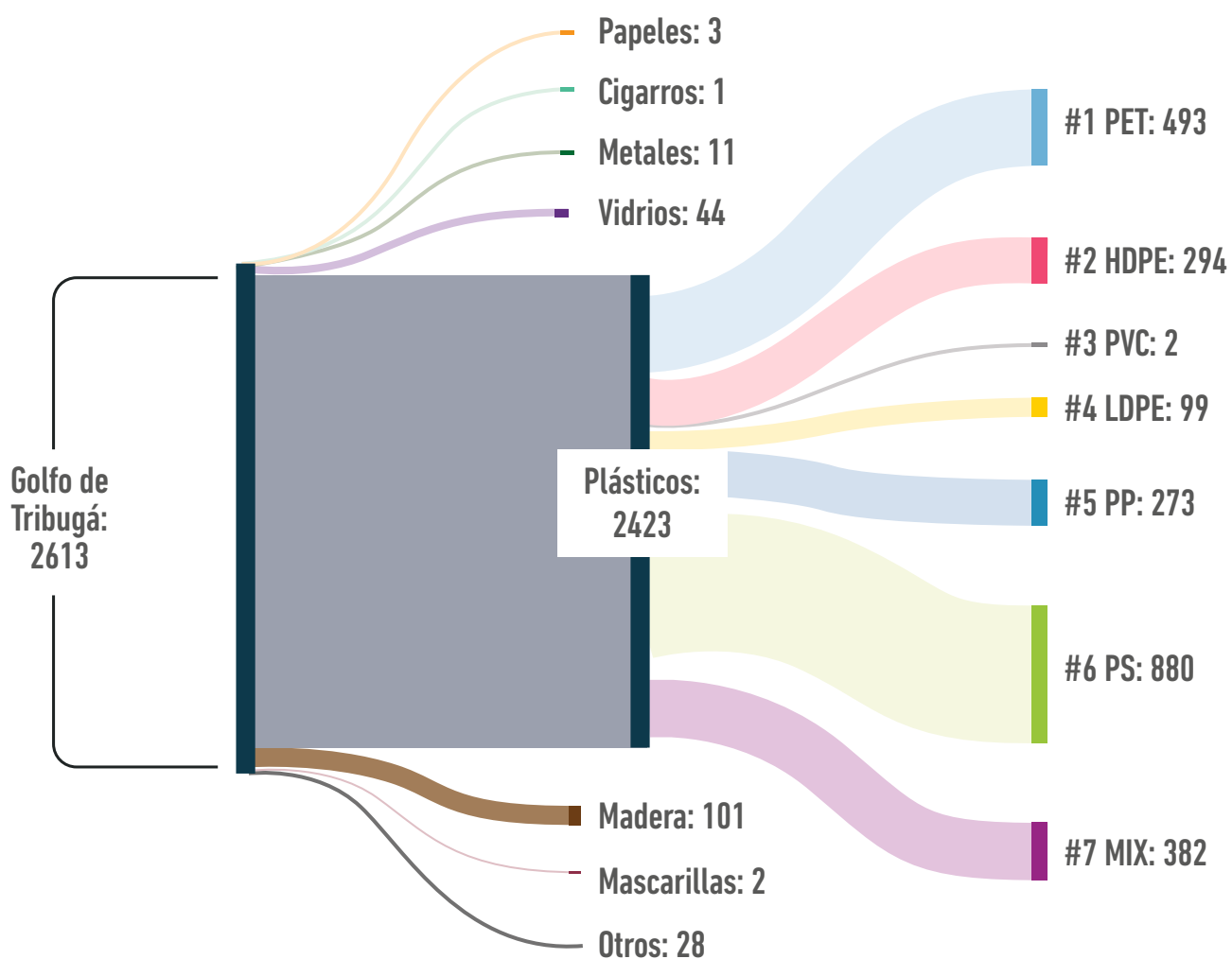
Los resultados fueron contundentes: la mayor presencia de tipos de macrorresiduos corresponden al plástico (**figura 3**). En este grupo hay una clara predominancia

del poliestireno expandido #6 PS (icopor), seguido de las botellas plásticas #1 PET. Este hallazgo confirma que los plásticos se han convertido en el componente más persistente y problemático de la contaminación costera en el Pacífico colombiano.

Estos materiales, por su ligereza y resistencia, se dispersan con facilidad, se fragmentan en microplásticos y pueden ingresar a las cadenas tróficas marinas, afectando desde organismos filtradores hasta peces de consumo humano.



Figura 3. Tipos de residuos identificados. #1 PET: Polietileno de Tereftalato/botellas de bebidas, #2 HDPE: Polietileno de Alta densidad /envases de aseo personal/hogar, #3 PVC: Polivinilo de Cloruro/tuberías, #4 LDPE: Polietileno de Baja Densidad/ Bolsas plásticas, #5 PP: Polipropileno/Pasta/Sillas, #6 PS: Poliestireno Expandido/Icopor, #7 MIX: Plásticos Compuestos/ Pañales/Sandalías, otros.



Comunidades en acción

Los hallazgos revelaron diferencias claras entre comunidades. En Tribugá se registró la mayor acumulación de residuos, no tanto por generación local sino por recibir desechos arrastrados por corrientes de agua y vientos desde Nuquí, donde existen más de 6 vertederos a cielo abierto ante la ausencia de lugares adecuados para la gestión de residuos. En contraste, la comunidad con menor presencia de plásticos fue Coquí, en la que los niveles iniciales fueron bajos, pero las mareas y corrientes incrementaron la cantidad de residuos en muestreos posteriores. Esto implica que el impacto de la contaminación marina depende también del ciclo de mareas (**figura 4**).

Dos costas, un mismo problema

Asimismo, este proyecto permitió establecer una comparación entre los hallazgos de Tribugá y los resultados de una investigación anterior desarrollada en Bahía Málaga, considerada una zona clave del Pacífico colombiano. En ambos casos se encontró un patrón común: los macroplásticos son los residuos dominantes, entre los cuales sobresalen por su impacto: PS#6 (poliestireno expandido o icopor) con un 37 %, seguido de PET#1 (tereftalato de polietileno, botellas plásticas) con un 23 % y MIX#7 con un 14 % de impacto (**figura 5**).



Figura 4. Cantidad de macroplásticos en diferentes corregimientos del golfo de Tribugá. Los colores clasifican los tipos de plásticos recolectados.

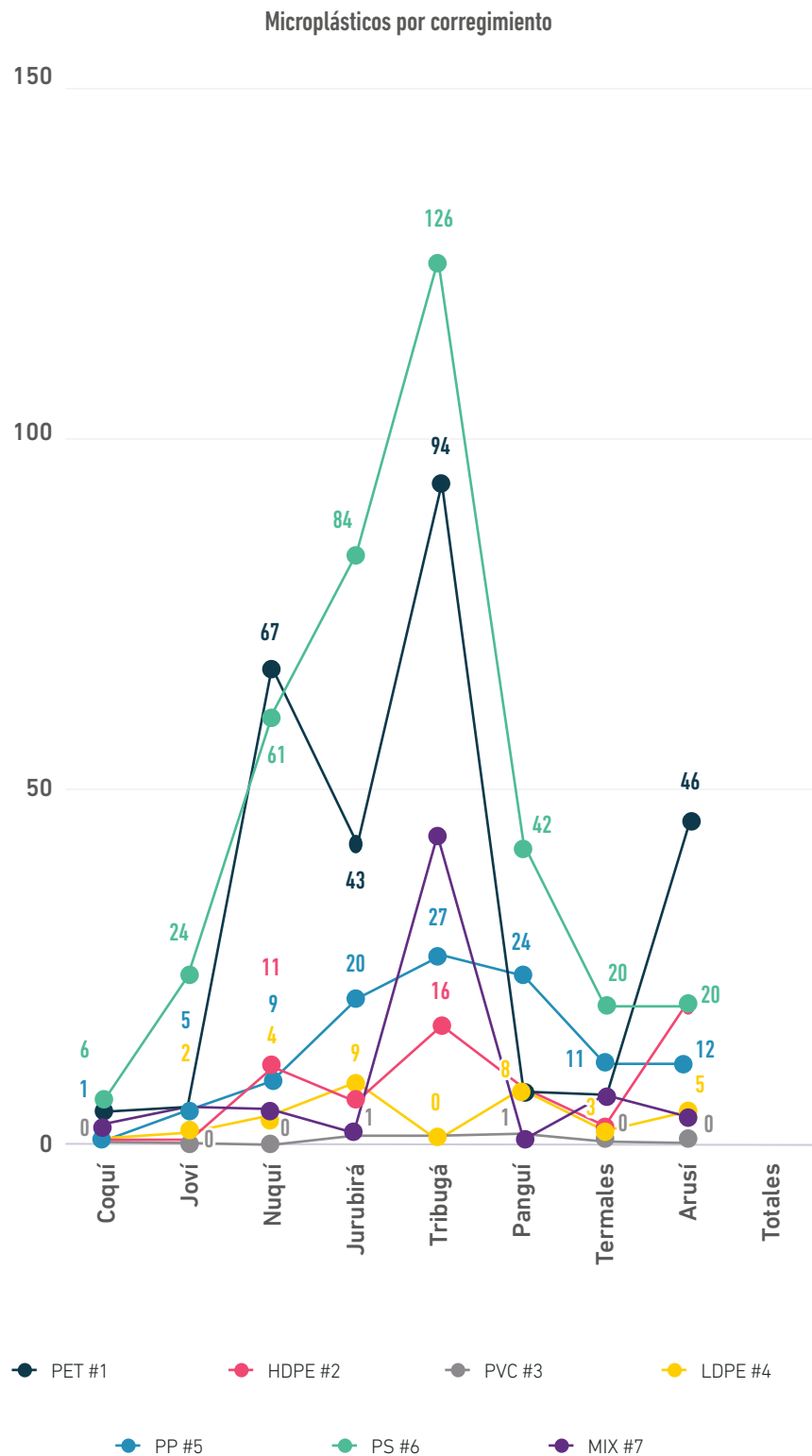




Figura 5. Comparación de la cantidad y tipo de residuos de macroplásticos recolectados en diferentes corregimientos de Tribugá y Bahía Málaga.



Sin embargo, se observaron diferencias asociadas a la presión humana y a las dinámicas económicas. En comunidades con mayor densidad poblacional o cercanía a puertos, como Juanchaco, Ladrilleros, La Barra, Nuquí y Tribugá, los niveles de residuos fueron más altos (**figura 5**). La influencia de Buenaventura sobre Bahía Málaga y la de Nuquí sobre Tribugá ilustran cómo los sistemas urbanos y comerciales impactan los ecosistemas costeros vecinos.

Los fragmentos invisibles: microplásticos

Más allá de los plásticos visibles, la investigación documentó la presencia de micro y mesoplásticos. Para el estudio se reclasificaron los fragmentos entre 1-5 mm (microplásticos) y 5-25 mm (mesoplásticos). Los resultados mostraron que los fragmentos de poliestireno (PS fragmento) son los más frecuentes (**figura 6**), lo que confirma la rápida degradación del icopor en el medio marino por efectos como la radiación solar y los movimientos de marea. Las comunidades de Tribugá, Termales y Jurubirá registraron la mayor densidad de microplásticos, lo que representa un riesgo ecológico significativo. Estos fragmentos pueden ser ingeridos por peces, crustáceos y moluscos, afectando la cadena trófica y llegando potencialmente al consumo humano.

No obstante, al realizar la comparación entre los resultados de microplásticos de Tribugá y Bahía Málaga se evidencia una mayor presencia de estos contaminantes en la segunda región. Esta diferencia puede atribuirse a factores geográficos como la existencia de acantilados y cuevas en Bahía Málaga que, junto con la acción constante de las mareas, favorecen la fragmentación de los residuos plásticos. Se resalta que la comunidad de Juanchaco presenta los niveles más altos de presencia

de microplásticos (**figura 6**), probablemente debido a su rol como puerto de embarque.

Epibiontes: señales de vida en la basura

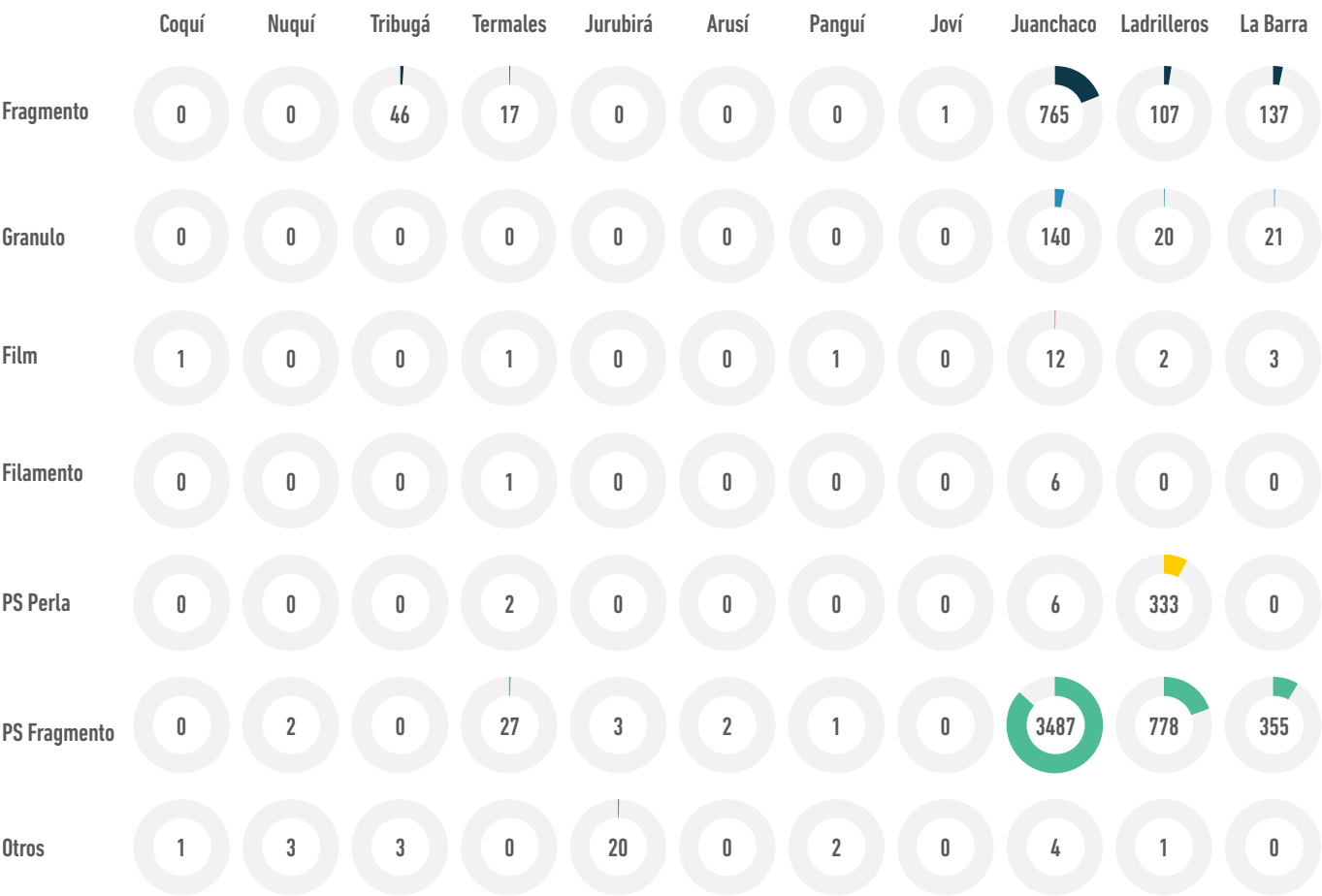
Durante la recolección de residuos en el golfo de Tribugá se registraron 19 objetos con epibiontes, es decir, pequeños organismos como algas, moluscos o crustáceos que viven adheridos a superficies sumergidas, en este caso sobre residuos plásticos. De estos, 17 eran plásticos flotantes y 2

fragmentos de cerámica. Sobre ellos se encontraron organismos como bellotas de mar y percebes (cirrípedos), hidromedusas (*Cnidaria*), musgos de mar (briozoos) y ostras (*Mollusca*), muchas veces compartiendo el mismo objeto, especialmente hidromedusas con musgos de mar.

Estos hallazgos muestran que los desechos en el mar además de representar un problema de contaminación, se convierten en soportes donde otros seres vivos se adhieren y prosperan,



Figura 6. Comparación de la cantidad y tipo de residuos de microplásticos recolectados en diferentes corregimientos de Tribugá y Bahía Málaga.



lo que les permite viajar largas distancias alrededor de las costas. Los residuos con epibiontes, además, suelen estar desgastados y cubiertos de algas, lo que da pistas sobre el tiempo que han permanecido a la deriva y ayuda a entender los recorridos que siguen los plásticos en el océano (**figura 7**).

Liderazgo desde la orilla: iniciativas que inspiran

Frente a esta problemática, las comunidades han asumido un papel activo en la defensa de su territorio: Ecoguías de Coquí lideran limpiezas en manglares; Respirando por Joví impulsa la recolección de reciclables; la Red de Reciclaje de Nuquí gestiona un centro de acopio para PET; y, en Arusí, un club juvenil de surfistas mantiene las playas limpias. Estas acciones reflejan resiliencia y compromiso, aunque todavía enfrentan limitaciones logísticas y la ausencia de un sistema integral de gestión de residuos (**figura 8**).

Un llamado urgente

Se reveló un panorama preocupante: los plásticos dominan entre los residuos marinos; su abundancia no solo confirma la magnitud de la contaminación, sino también el impacto directo de la presión humana y la gestión inadecuada de desechos en las comunidades costeras. Estos hallazgos evidencian la urgencia de articular ciencia, acción comunitaria y responsabilidades compartidas entre autoridades ambientales y empresas productoras de productos plásticos para enfrentar un problema que ya afecta tanto a la biodiversidad como a los medios de vida locales.

Además, se demostró el potencial de la ciencia participativa como herramienta de transformación. Involucrar a las comunidades en la identificación, el análisis y la solución de los problemas genera sentido de pertenencia y fortalece las capacidades locales para el manejo de residuos.



Figura 7. Presencia de epibiontes en residuos plásticos. A) #1 PET - Plástico polietileno de tereftalato B) #5 PP - Plástico polipropileno, C) #6 PS - Plástico poliestireno.



Figura 8. Centro de acopio del Consejo Comunitario Local de Arusí.



Manglares: una década de cambio

Golfo de Tribugá - Cabo Corrientes

Héctor Arsenio Tavera Escobar y Luis Alonso Zapata Padilla
Fondo Mundial para la Naturaleza - WWF
Colombia

Un tesoro ecológico y social: los manglares del golfo de Tribugá

Los manglares son vitales para las comunidades locales, pues proveen recursos esenciales como peces, crustáceos, moluscos, madera y fibras vegetales, los cuales se utilizan tanto para el consumo en el hogar como para actividades económicas tradicionales, recursos que los convierten en una fuente clave de seguridad alimentaria y bienestar comunitario (Vieira-Betancourt et al., 2014). Además, cumplen un papel decisivo en la regulación climática, la protección costera frente a la erosión y los desastres naturales, y sirven de refugio para especies de alto valor comercial (Donato et al., 2011; Lee et al., 2014). No obstante, estos ecosistemas están amenazados por el desarrollo de infraestructura, la acuicultura y la extracción de recursos, lo que intensifica la vulnerabilidad socioeconómica de las comunidades que dependen de ellos (Giri et al., 2011; Chowdhury et al., 2017).

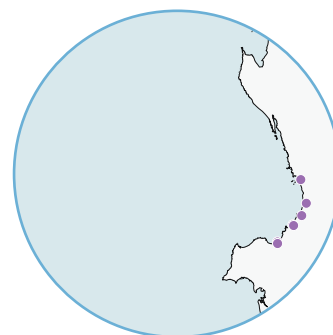
Cambios en los manglares: entre la mejora y la amenaza

Entre 2012 y 2023, los manglares del golfo de Tribugá han experimentado transformaciones significativas. Algunos, como los del Consejo Comunitario de Coquí, han mostrado incrementos en densidad y área basal, mientras que otros, como los de Nuquí y Panguí, presentan retrocesos asociados a la sobreexplotación y a la pérdida de diversidad estructural (Consejo Comunitario General Los Riscales, 2007; Vieira et al., 2014).

A pesar de ser los más extensos del Pacífico norte chocoano, los manglares del golfo de Tribugá están bajo amenaza por el posible desarrollo de proyectos

de infraestructura, lo que pondría en riesgo su integridad (WWF International, 2008; Rojas et al., 2019). Es esencial mantener el monitoreo y avanzar hacia una gestión integral que garantice la sostenibilidad a largo plazo de estos ecosistemas (Minambiente, 2021).

▼
Puntos de muestreo efectivos del proyecto



Exploración de los manglares, recolectando datos en el terreno

En 2012, como parte del proceso de ordenamiento ambiental del manglar en el golfo de Tribugá, se establecieron transectos de muestreo para caracterizar en detalle la composición florística y estructural de estos bosques. Estos transectos, definidos con un rumbo y una longitud específicos, sirvieron como puntos de referencia para estudios posteriores (Vieira et al., 2014). El remuestreo se realizó en cinco de ellos y se llevó a cabo

utilizando un navegador satelital, lo que permitió ubicar con precisión los puntos originalmente definidos. Cada transecto se dividió en puntos de caracterización separados por 20 m, y en cada uno se establecieron cuatro cuadrantes centrados en un punto. En estos cuadrantes se registraron datos del individuo más cercano, como la especie, la circunferencia del tronco, la altura total y la distancia horizontal al punto de caracterización. Adicionalmente, se documentó la regeneración natural, el grado de intervención y el tipo de suelo en cada punto.



Análisis del manglar, composición y cambios estructurales

La información recolectada en campo fue organizada, revisada y sistematizada en hojas de cálculo de Microsoft Excel®, donde para cada registro se calcularon el diámetro normal, el área basal y la biomasa. El análisis se realizó por unidades de procesamiento definidas por cinco puntos de caracterización, estimando la densidad, la dominancia y la frecuencia por especie mediante fórmulas convencionales. Estos datos se organizaron según comunidades vegetales, tipos estructurales y sitios de muestreo. Para la caracterización florística se utilizó el Índice de Valor de Importancia (IVI) y, con base en este, se definieron comunidades florísticas a través de análisis de clasificación, siguiendo la nomenclatura propuesta por Snedaker y Snedaker (1984). Asimismo, se analizaron aspectos como la densidad, el área basal y su distribución por categorías diamétricas, lo que permitió identificar tipos estructurales mediante relaciones de dominancia entre clases de tamaño.

Transformaciones y resiliencia de los manglares del golfo de Tribugá (2012-2023)

A partir del establecimiento de cinco transectos y de la caracterización de 103 puntos, se evaluó la estructura y la composición florística de los manglares en el golfo de Tribugá, analizando su dinámica entre 2012 y 2023. El estudio

evidenció tanto la regeneración natural de especies clave como el deterioro asociado a prácticas antrópicas. Este análisis muestra que, a lo largo de este periodo, los manglares han experimentado de manera simultánea procesos de recuperación ecológica y presiones negativas vinculadas principalmente a actividades humanas. La dinámica observada en este ecosistema refleja un proceso dual de regeneración y deterioro, lo que subraya la fragilidad y la relevancia ecológica de estos espacios estratégicos para la región.

Cambios clave en la densidad y biomasa

Se observó que la densidad promedio de manglares alcanzó 1.126 individuos por hectárea, superando los 845 individuos registrados en 2012, lo que indica una recuperación positiva de la vegetación. No obstante, la disminución del área basal, de 20 a 18 m² por hectárea, sugiere una reducción en el tamaño de los árboles.

Estado actual de los manglares: balance y perspectivas por consejo comunitario local

Coquí: los manglares de esta zona muestran resultados positivos, con un aumento en la densidad y en el área basal, lo que refleja un proceso de recuperación, especialmente en las áreas cercanas al estero Madre Vieja (**figura 1**).

Nuquí: en este sector, los manglares presentan un mayor deterioro. Aunque se observa un aumento en la densidad, la disminución del área basal indica la presencia de árboles más pequeños. Este deterioro se asocia con la extracción de árboles adultos y con la proliferación del helecho de manglar (*Acrostichum aureum*), una especie invasora que compromete la calidad estructural (**figura 1**).

Panguí: se ha registrado una pérdida simultánea de densidad y de área basal, especialmente en las unidades más internas, donde la extracción de mangle nato (*Mora oleifera*) ha reducido los parámetros estructurales (**figura 1**).

Tribugá: en esta zona, la densidad y el área basal han disminuido cerca de la ensenada; no obstante, en las áreas de transición hacia los herbazales de playa se ha registrado un aumento en los parámetros estructurales, asociado con la expansión de *Pelliciera rhizophorae* (mangle piñuelo) (**figura 1**).

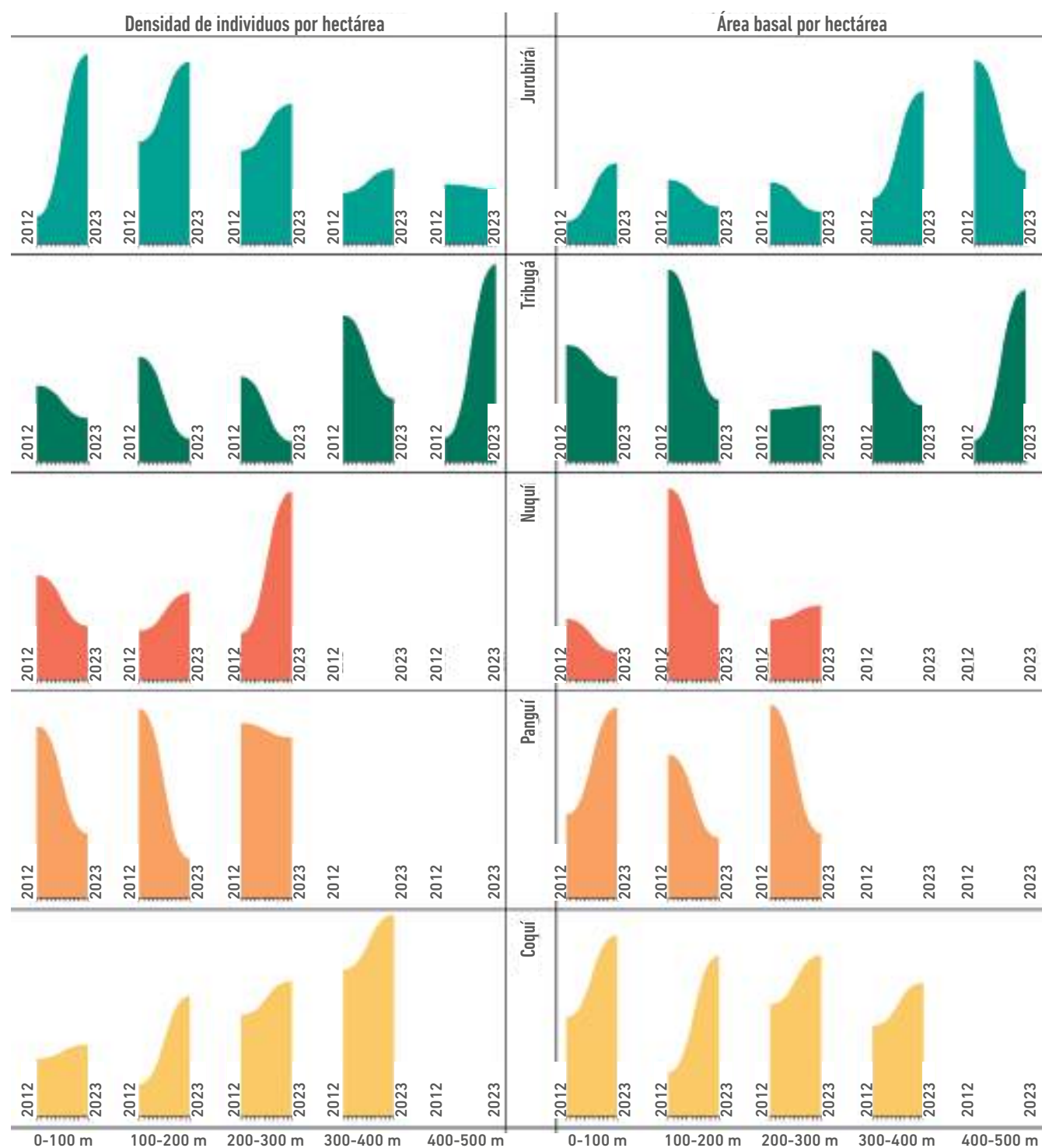
Jurubirá: presenta condiciones mixtas. Algunos rodales cercanos al estero y en zonas internas muestran aumentos en la densidad y en el área basal, lo que indica recuperación; mientras que en unidades intermedias se observa una mayor densidad, pero un área basal menor, asociada al aprovechamiento forestal. Además, la composición florística ha cambiado, con una

mayor participación de *Pelliciera rhizophorae* (mangle piñuelo) y *Mora oleifera* (mangle nato) en

sitios previamente dominados por mangles del género *Rhizophora* (**figura 1**).



Figura 1. Comportamiento de la densidad y el área basal para los bosques de mangles por consejos comunitarios locales y unidades de análisis en el golfo de Tribugá.



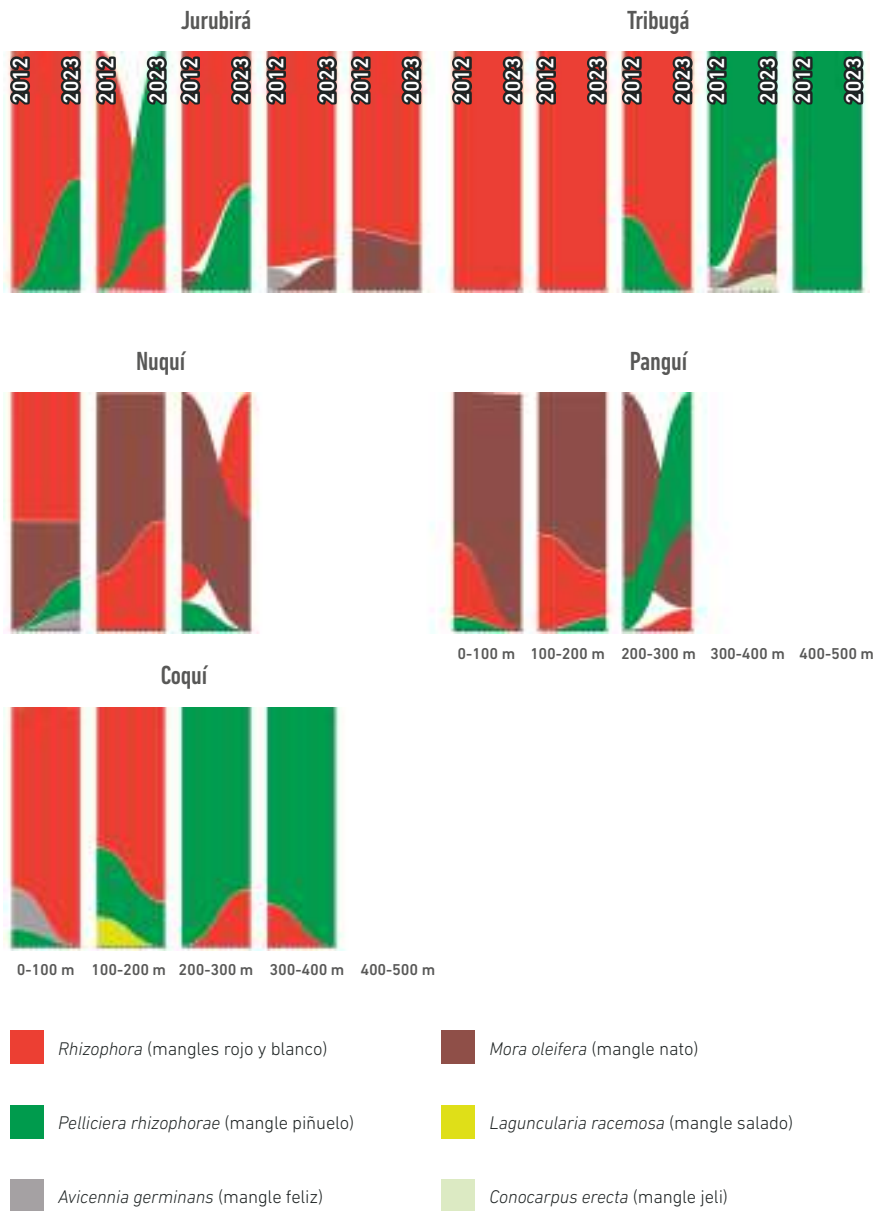
Cambios florísticos, estabilidad y transición

Entre 2012 y 2023, los manglares del golfo de Tribugá han mantenido su composición florística en general, aunque en las zonas intermedias se ha registrado un

aumento en la dominancia de especies del género *Rhizophora*, desplazando progresivamente a *Pelliciera rhizophorae* (figura 2). En Panguí, *Mora oleifera* ha incrementado su dominancia, desplazando a otras especies como *Rhizophora* y *Pelliciera rhizophorae*.



Figura 2. Comportamiento de la composición florística de los bosques de manglar por consejos comunitarios locales y unidades de análisis.



Cambios estructurales: el tamaño de los árboles importa

Coquí: los árboles de mayor porte presentaron un aumento en su proporción, lo que refleja una mejora en la estructura y en la diversidad del manglar. Esto sugiere un ecosistema más maduro y estable, capaz de ofrecer servicios ambientales esenciales, como la captura de carbono y la protección costera (figura 3).

Nuquí: en este sector, los manglares han experimentado un empobrecimiento estructural debido al aprovechamiento forestal, con una predominancia de árboles pequeños. Esta condición afecta la diversidad y la funcionalidad ecológica, y reduce su capacidad de resiliencia frente al cambio climático (figura 3).

Panguí: se evidencia una disminución en la proporción de árboles grandes, acompañada de una reducción en el área basal y de cambios en la estructura derivados de la extracción de *Mora oleifera*. Esto ha reducido la biomasa y ha modificado la arquitectura del bosque, afectando su capacidad de almacenar carbono y su estabilidad ecológica (figura 3).

Jurubirá: algunos sectores muestran la aparición de árboles de mayor porte, lo que indica una mayor complejidad estructural; mientras que en otras unidades se observa una reducción de individuos

grandes, posiblemente asociada al aprovechamiento forestal. Este patrón mixto sugiere una recuperación parcial, aunque con riesgos de pérdida de resiliencia si las presiones continúan (**figura 3**).

Tribugá: se registra una transición en la estructura, con la aparición de individuos medianos y grandes en áreas que anteriormente solo presentaban árboles pequeños, lo que refleja un flujo adecuado entre

categorías de tamaño. No obstante, en otras zonas persiste la extracción de árboles grandes, lo que genera variabilidad en la calidad estructural del manglar (**figura 3**).

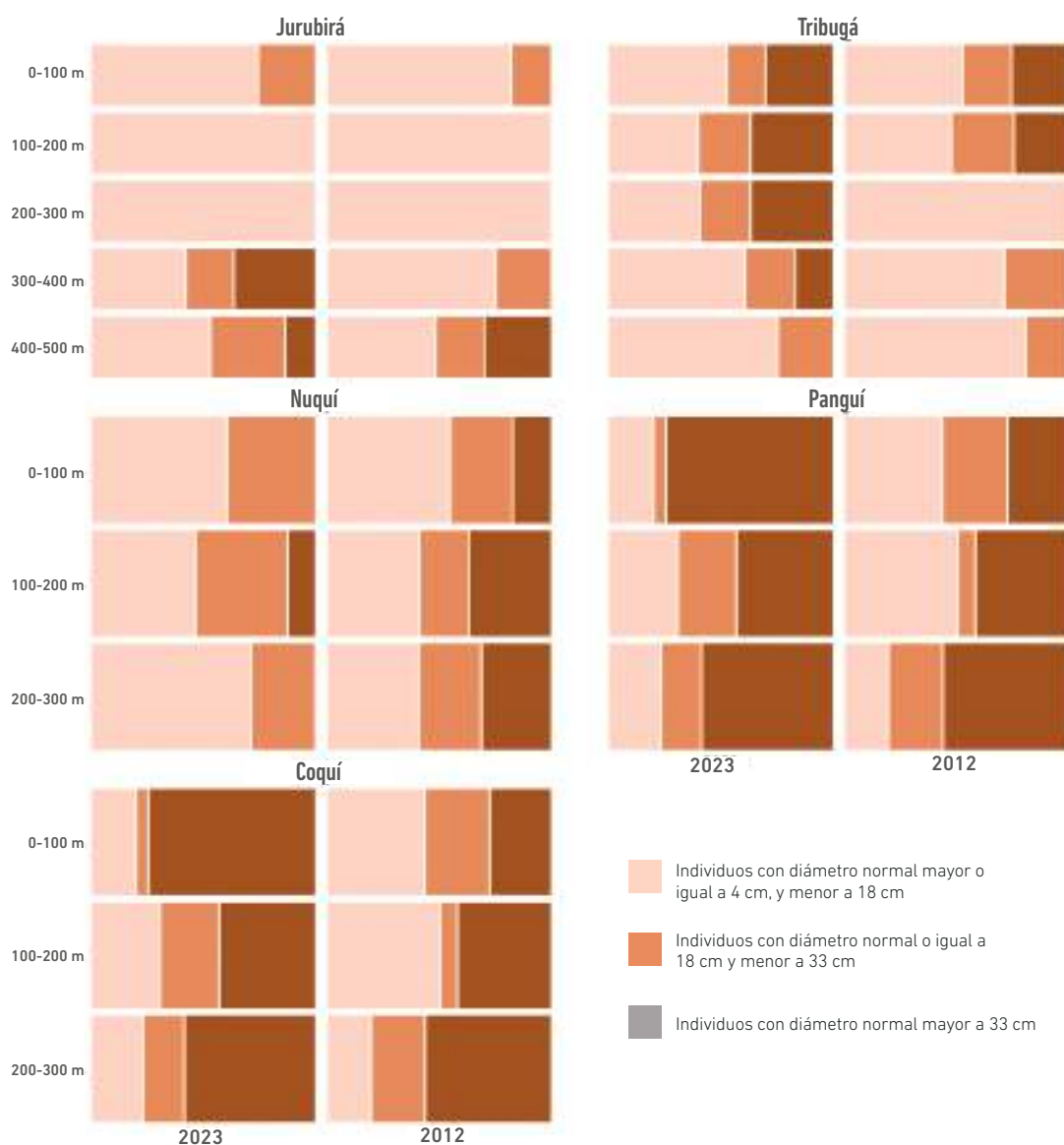
Hacia una gestión sostenible

Entre 2012 y 2023, los manglares del golfo de Tribugá han experimentado tanto mejoras como deterioros. Las áreas de Coquí reflejan un

aumento en la densidad y en la presencia de árboles grandes, lo que indica un estado de mayor madurez estructural. Sin embargo, en Nuquí y Panguí, el impacto de la explotación forestal y la invasión de especies requiere una intervención urgente. Esto subraya la necesidad de implementar prácticas de manejo sostenible y restauración ecológica para asegurar la preservación de estos ecosistemas frente al cambio climático y otras amenazas naturales.



Figura 3. Comportamiento de la composición estructural de los bosques de manglar por consejos comunitarios locales y unidades de análisis.



Mapeo de la cobertura de manglar y sus motores de cambio en el Pacífico chocoano

Golfo de Tribugá - Cabo Corrientes

Nelson Andrés Nieto Valencia, Mónica Patricia González Palacio y
Johan Andrés Avendaño Arias
Instituto Geográfico Agustín Codazzi

Manglares bajo la lupa: tecnología para revelar sus secretos

En las costas del Pacífico colombiano, los manglares del golfo de Tribugá se alzan como uno de los ecosistemas más valiosos y, a la vez, más difíciles de estudiar. Estos bosques, que crecen donde el mar abraza la tierra, cumplen funciones vitales: protegen las costas de la erosión; sirven como refugio y criadero de peces y crustáceos; y almacenan grandes cantidades de carbono, ayudando a mitigar el cambio climático.

Sin embargo, su ubicación en zonas remotas, las condiciones climáticas extremas y la poca

información de campo de la región han dificultado su monitoreo. La creación de mapas detallados que muestren características específicas del territorio, como los tipos de vegetación o la presencia de ciertas especies, es uno de los grandes retos de las tecnologías de observación de la Tierra desde el espacio. Por eso, este proyecto tuvo como objetivo recolectar y organizar información directa del territorio usando espectroradiometría de campo, una técnica que mide cómo reflejan la luz distintas especies de manglar.

La metodología del proyecto se fundamenta en la espectroradiometría de

campo, técnica que analiza la interacción entre la radiación electromagnética (REM) y los ecosistemas de manglar. En términos prácticos, se analiza cómo la luz solar incide sobre la superficie terrestre, específicamente sobre las coberturas de manglar, y cómo parte de esa energía se refleja mientras otra se absorbe. Cada tipo de vegetación presenta un comportamiento único frente a esta interacción, generando una firma espectral característica y específica para cada elemento o material presente en la superficie terrestre (Milton, 2009; Ibáñez et al., 2013).





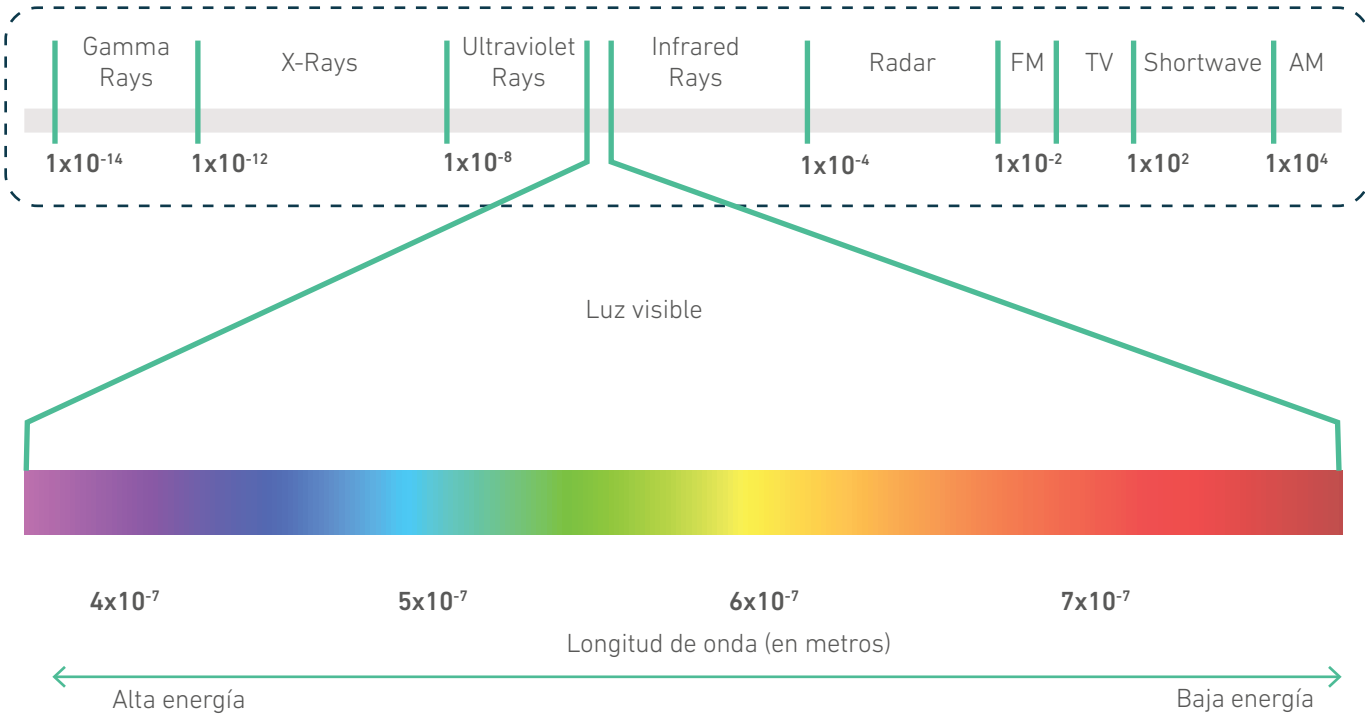
Esta firma espectral, que en muchos casos no es perceptible al ojo humano, permite inferir el tipo de vegetación existente en el territorio. Para su captura se emplean

sensores especializados, como los espectraloradiómetros utilizados en esta investigación. La capacidad de estos sensores depende del número de bandas espectrales que

pueden registrar; a mayor cantidad de bandas, mayor nivel de detalle y, por ende, mayor capacidad para discriminar variaciones en la vegetación (Chuvieco, 2010) (figura 1).



Figura 1. Porciones del espectro electromagnético y longitudes de onda.



Fuente: tomado de: <https://unaenergia.com/longitud-de-onda-de-la-luz/>.

Cómo la luz revela la vida del manglar

Cada especie presente en el ecosistema de manglar interactúa con la radiación solar de manera diferenciada, dependiendo de factores como su morfología, coloración y contenido hídrico. Esta interacción genera una firma espectral única, registrada mediante espectroradiómetros, instrumentos que capturan información detallada en el rango de 350 a 1000 nanómetros. Estos datos permiten caracterizar las especies y coberturas identificadas en campo, facilitando su discriminación en imágenes satelitales (Milton, 2009).

Gracias a esta técnica, se construye un banco de firmas espectrales que constituye una

referencia fundamental para análisis biológicos y ecológicos de las especies observadas. Este insumo es clave para la identificación de los distintos tipos de manglar en el Pacífico colombiano y contribuye a la generación de cartografía temática del bosque de manglar. Dichos mapas son esenciales para monitorear cambios en la cobertura vegetal a lo largo del tiempo, incluso en áreas de difícil acceso (Ibáñez et al., 2013; Brown et al., 2006).

Desde el espacio al manglar: monitoreo de un ecosistema esencial

El estudio integró observaciones en campo con imágenes satelitales de programas

internacionales como MODIS, Landsat y Sentinel (1, 2, 3 y 5P principalmente), obtenidas a través de plataformas como EarthExplorer, Alaska Satellite Facility, Copernicus y el Banco Nacional de Imágenes del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (USGS, 2012; IGAC, 2017; ESA, 2023). A través de estas herramientas fue posible superar obstáculos como la constante nubosidad del Pacífico y acceder a información precisa sobre la distribución espacial de las especies de mangle y su estado de conservación (IGAC, 2020).

El procesamiento de los datos se realizó mediante técnicas de teledetección y análisis digital de imágenes que incluyen correcciones atmosféricas y geométricas; calibraciones



radiométricas; ortorrectificación; y el uso de plataformas de computación en la nube como Google Earth Engine (GEE). Esta combinación permitió obtener resultados confiables y comparables a nivel nacional, aportando a la construcción del Sistema de Monitoreo de Manglares de Colombia (Chuvieco, 2010; Richard et al., 2021).

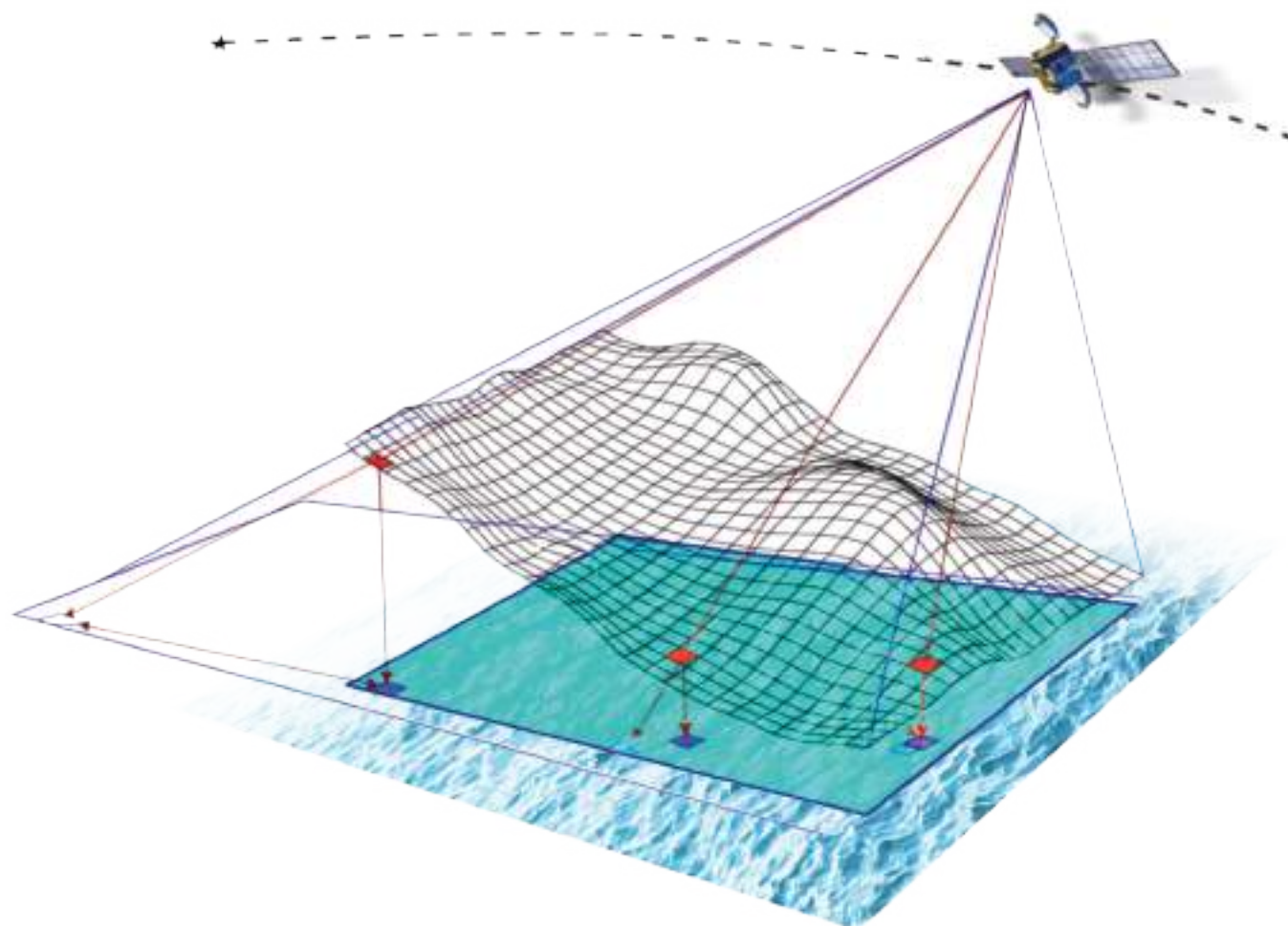
Para lograr resultados confiables, fue necesario realizar un riguroso proceso de ortorrectificación de las imágenes satelitales, con el fin de corregir las distorsiones generadas por la topografía y la curvatura de la Tierra. De este modo, cada píxel de la imagen corresponde con precisión a su posición real en el terreno, permitiendo superponer la

información espectral obtenida en campo con las imágenes captadas desde el espacio (Erdas, 2009).

La **figura 2** explica de manera esquemática este proceso, en el cual los datos satelitales se ajustan para coincidir con la geografía real, garantizando así la exactitud de los mapas generados y el valor científico de los resultados obtenidos.



Figura 2. Esquema del proceso del ajuste de datos satelitales para la generación de mapas.



Fuente: Erdas (2009).

Luces del Pacífico:
descifrando la identidad de
los manglares

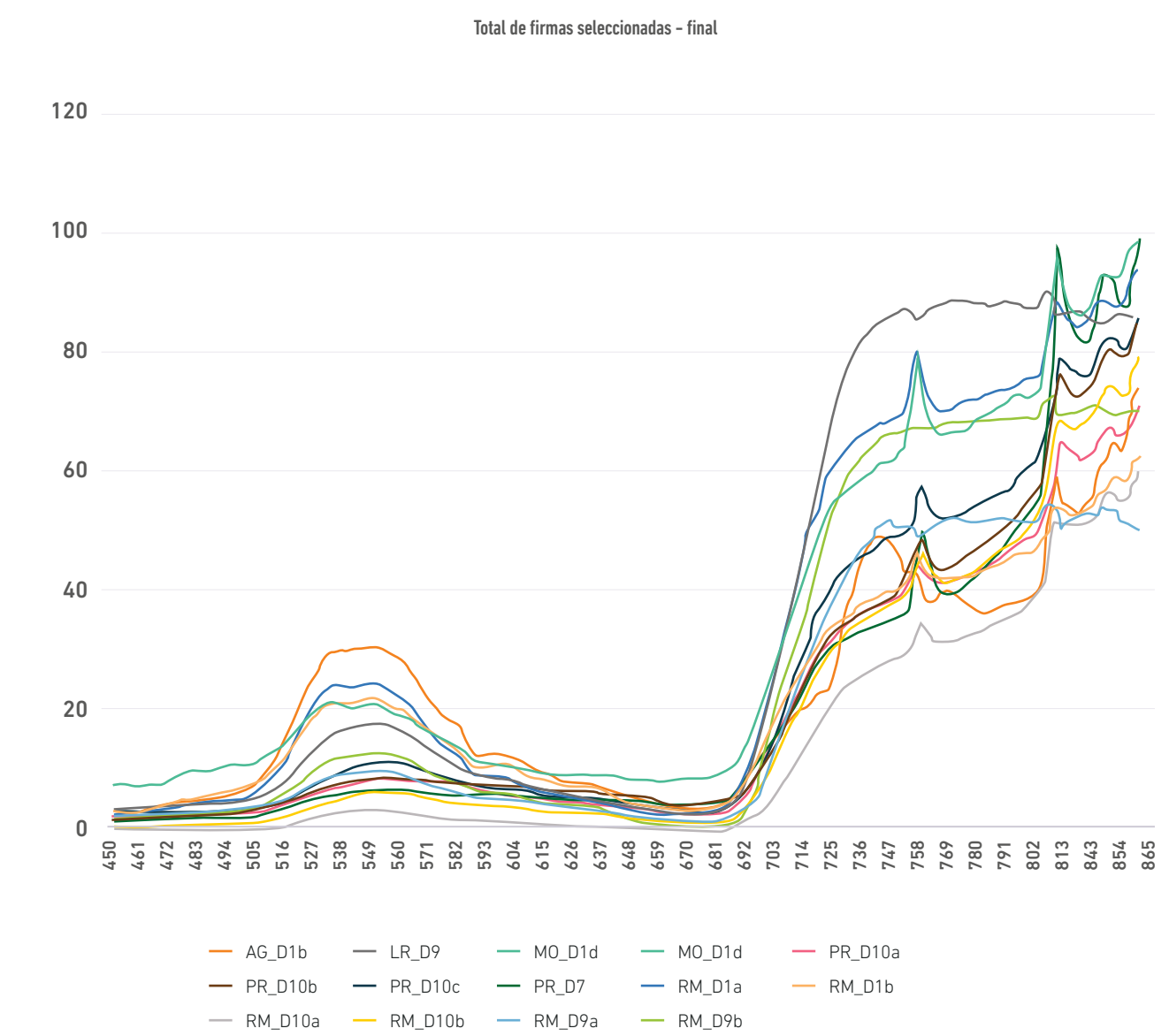
El análisis espectral reveló
patrones de distribución que
coinciden con las observaciones

directas en campo para los
bosques de manglar en el golfo de
Tribugá. Especies como el mangle
rojo (*Rhizophora mangle*), el mangle
blanco (*Laguncularia racemosa*), el
piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*), el

mangle negro (*Avicennia germinans*,
AG) y el nato (*Mora oleifera*)
presentaron firmas espectrales
distintivas, lo que permite
diferenciarlas con precisión desde
el espacio (Milton, 2009) (figura 3).



Figura 3. Firmas espectrales de diferentes especies de manglar: *Rhizophora mangle* (RM), *Laguncularia racemosa* (LR), *Pelliciera rhizophorae* (PR), *Avicennia germinans* (AG) y *Mora oleifera* (MO). Cada línea representa como reflejan la luz en las longitudes de onda de 490 nm, 565 nm, 665 nm y 865 nm.

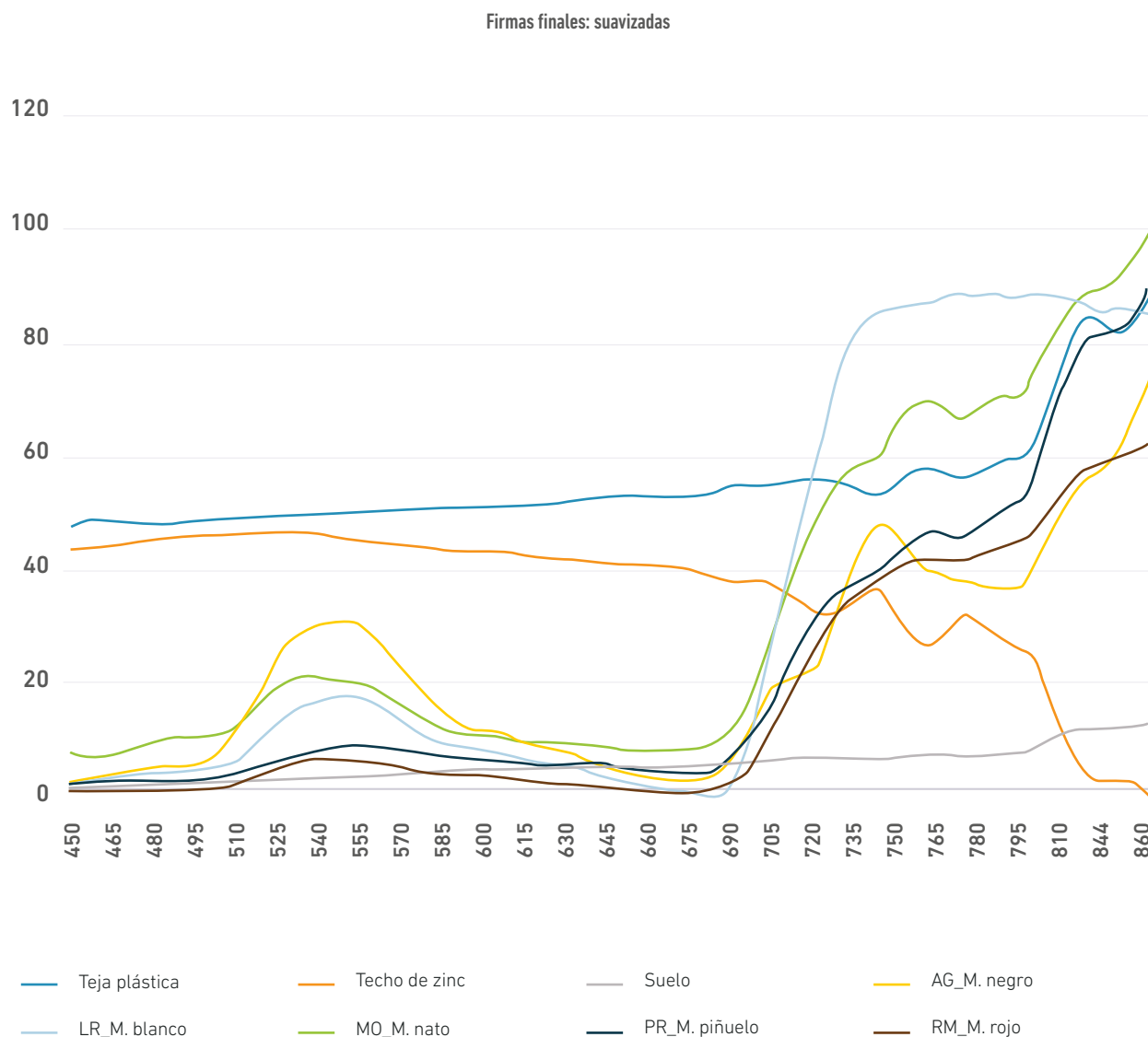


Además, con el fin de enriquecer el banco de firmas espectrales en la región del Pacífico, se tomaron firmas de otras coberturas de la tierra, como suelo y cubiertas de techos de zinc o plástico

de diferentes zonas pobladas, entre ellas Coquí, Arusí, Tribugá y Joví, las cuales pudieron ser diferenciadas fácilmente (**figura 4**).



Figura 4. Firmas tipo finales resultado del suavizado con el filtro Savitzky-Golay de diferentes tipos de superficie (tejas plásticas, techos de zinc, suelos) y especies de manglar: *Rhizophora mangle* (RM), *Laguncularia racemosa* (LR), *Pelliciera rhizophorae* (PR), *Avicennia germinans* (AG) y *Mora oleifera* (MO). Cada línea representa como reflejan la luz en las longitudes de onda de 490 nm, 565 nm, 665 nm y 865 nm.



Resultados que revelan la vida del mangle

Se evidenció que los manglares más abundantes en el área estudiada fueron el piñuelo, el mangle rojo y el nato, lo que coincide con lo observado en campo. Además, se identificó una secuencia clara en su distribución: desde la desembocadura de los ríos hacia el interior del bosque, primero aparece el nato, luego el

piñuelo y finalmente el mangle rojo, característico de las zonas ribereñas.

Pero más allá de identificar las especies, el análisis espectral mostró diferencias en la intensidad de la reflectancia que se relacionan con el estado fisiológico y estructural de cada comunidad vegetal. En las zonas con manglares densos y saludables, la señal del infrarrojo

cercano (700–900 nm) presentó valores altos, lo que indica tejidos con buena capacidad fotosintética y alto contenido de agua. Por el contrario, en áreas con cobertura deteriorada o sometidas a presión humana se registraron curvas espectrales más planas, propias de vegetación menos activa o con estrés hídrico (Milton, 2009; Richard et al., 2021).

Estas observaciones permiten identificar gradientes de



conservación y degradación, lo que resalta el potencial de las firmas espectrales para ser integradas con imágenes de observación de la tierra en la generación de mapas de variación fisiológica. Esta integración constituye un insumo clave para el monitoreo a largo plazo y la restauración de los manglares del Pacífico colombiano (Ibáñez et al., 2013).

Un legado de ciencia colombiana

Estos hallazgos enriquecen el conocimiento científico sobre los bosques de manglar y, al mismo tiempo, fortalecen las capacidades del país para la gestión ambiental, la planificación costera y la toma de decisiones en conservación. En un futuro cercano, estos mapas

podrán emplearse para identificar áreas prioritarias de restauración y evaluar los efectos del cambio climático sobre este ecosistema estratégico.

El uso de estas metodologías fortaleció la precisión técnica del estudio y, además, generó un modelo nacional de monitoreo ambiental aplicable a otros ecosistemas estratégicos del país. Gracias a esta experiencia, Colombia avanza hacia la construcción de sistemas de observación que integran datos satelitales, mediciones de campo y análisis computacional, permitiendo una comprensión más profunda de los cambios ambientales y demostrando cómo la aplicación de herramientas avanzadas de teledetección puede convertirse en una aliada para la conservación de los ecosistemas costeros.

El proyecto deja así un legado duradero: información científica validada, metodologías replicables y capacidades fortalecidas en el uso de la teledetección aplicada a la conservación. Más allá de los resultados técnicos, representa un paso firme hacia una gestión ambiental basada en evidencia, donde la ciencia se convierte en una herramienta para proteger el patrimonio natural y garantizar la sostenibilidad de los manglares del Pacífico.



Protocolo Reef Check: monitoreo participativo de la salud de los arrecifes coralinos

Golfo de Tribugá - Cabo Corrientes

Andrea Caicedo González, Ángela Alegría Ortega, Laura Cotrino Salcedo y Camila Mariño Ramírez
Corales de Paz

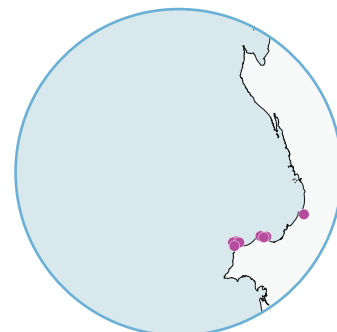
Guardianes del coral: la ciencia ciudadana en defensa de los arrecifes

En Colombia, la diversidad arrecifal se manifiesta en distintas regiones costeras. En el Pacífico chocoano destacan el golfo de Cupica y dos formaciones ubicadas en la ensenada de Utría y en Punta Tebada, donde los arrecifes se desarrollan a lo largo de la costa y presentan un crecimiento limitado (Gómez-Cubillos et al., 2015). Estas formaciones, que se presentan principalmente como parches arrecifales franjeantes, constituyen un hábitat singular y

un ejemplo notable de interacción natural entre diversos organismos marinos. Además de su valor ecológico, los arrecifes del Pacífico colombiano, aunque menos extensos que los del Caribe, cumplen un papel fundamental para las comunidades costeras. Proveen refugio y alimento para especies de interés pesquero artesanal, contribuyen a la seguridad alimentaria, favorecen actividades de ecoturismo en áreas como la ensenada de Utría y actúan como barreras naturales que reducen el impacto de la erosión y el oleaje sobre la línea costera (Fezzi et al., 2023).



▼
Puntos de muestreo efectivos del proyecto

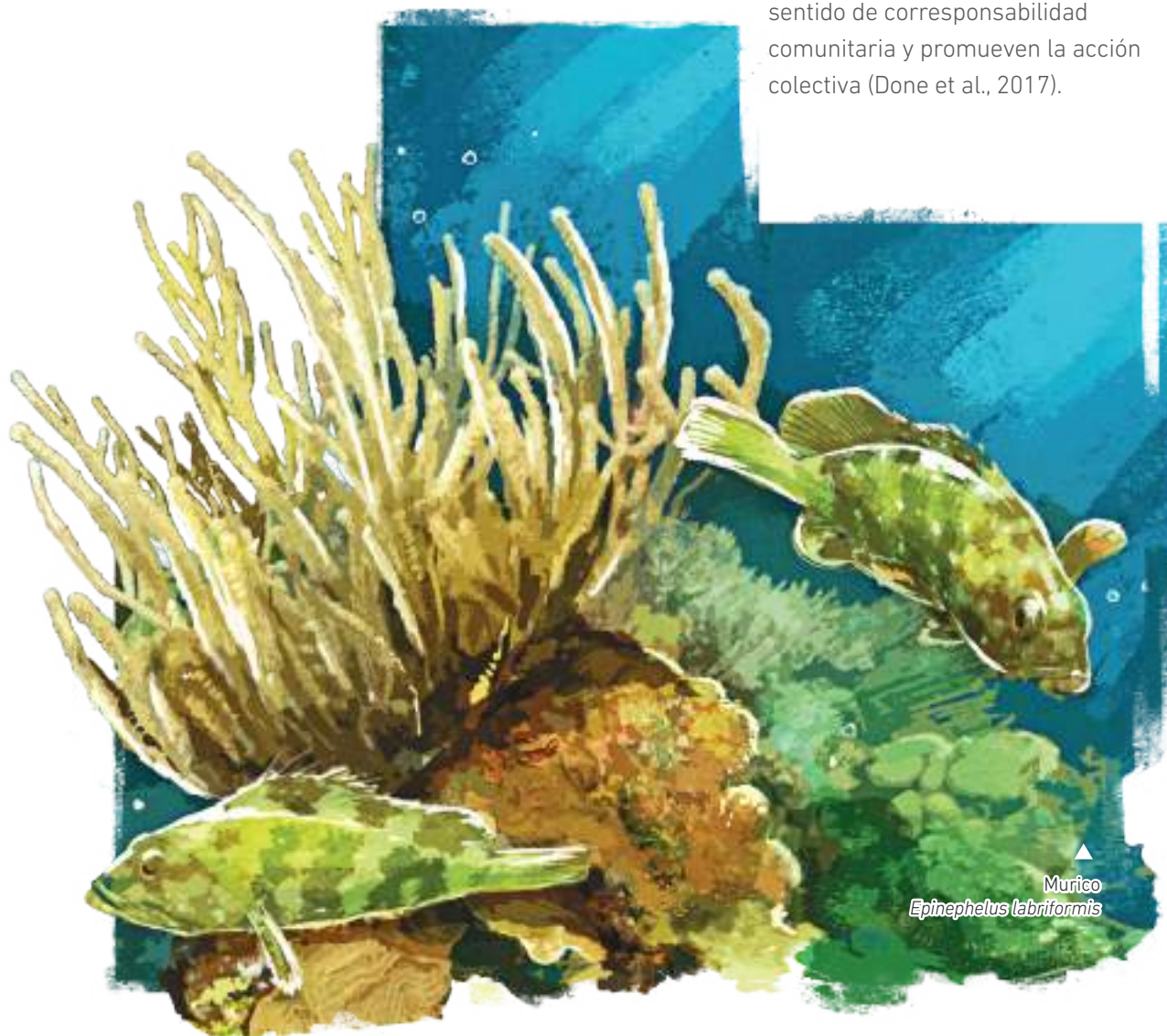


Sin embargo, en las últimas dos décadas estos ecosistemas han sufrido una degradación considerable debido a factores como el aumento de la temperatura superficial del mar, la acidificación del océano y la sobreexplotación pesquera. Actualmente, más del 60 % de los arrecifes del planeta están bajo algún tipo de amenaza y su deterioro avanza con rapidez (Brandl et al., 2019). Esta situación ha provocado la pérdida de especies clave, como corales duros, octocorales e invertebrados, alterando tanto la

estructura como la funcionalidad de los arrecifes (Vargas-Ochoa y Ramírez-Gallego, 2008). De mantenerse esta tendencia, se estima que los arrecifes podrían perder gran parte de su cobertura de coral vivo en los próximos 30 años, lo que representaría una pérdida considerable para la biodiversidad marina (Frieler et al., 2013; Fezzi et al., 2023).

La conservación de estos ecosistemas requiere un enfoque científico y colaborativo. A escala global se han establecido programas de monitoreo de arrecifes de coral, como la Red Global de Monitoreo de Arrecifes

Coralinos (GCRMN) y Reef Check, que permiten evaluar de manera sistemática y a largo plazo la salud de los arrecifes (Vargas-Ochoa y Ramírez-Gallego, 2008). El programa Reef Check, en particular, se distingue por involucrar a la ciudadanía, capacitando buzos y voluntarios en técnicas estandarizadas de monitoreo y facilitando la recolección de datos que son accesibles al público y contribuyen a la toma de decisiones informadas sobre el estado de los arrecifes de coral. Además, estos programas de ciencia ciudadana amplían la capacidad de recolección de datos y, al mismo tiempo, fortalecen el sentido de corresponsabilidad comunitaria y promueven la acción colectiva (Done et al., 2017).



▲
Murico
Epinephelus labriformis

Arrecifes revelados: lo que Reef Check descubrió en el Pacífico colombiano

Ante la ausencia de información científica publicada sobre los parches arrecifales cercanos a Arusí y Coquí, se realizaron monitoreos mediante transectos para evaluar el estado del fondo marino y estimar la diversidad de peces e invertebrados indicadores. Esta metodología también se aplicó por primera vez en el arrecife La Chola, dentro del Parque Nacional Natural Ensenada de Utría (PNN Ensenada de Utría), uno de los sitios más estudiados del Pacífico colombiano. Sin embargo, debido a la presencia de marea roja solo fue posible registrar información sobre el sustrato. En contraste, las condiciones al sur del golfo de Tribugá fueron favorables, lo que permitió realizar actividades de muestreo y capacitación en los puntos de Piedra Roñosa y Chuzudo.

La adaptación del protocolo Reef Check para el Pacífico colombiano se implementó en el golfo de Tribugá con el objetivo de integrar la ciencia ciudadana a la conservación de los arrecifes. Con un enfoque en el buceo con propósito, el programa capacitó y certificó a miembros de la comunidad como Reef Check EcoDivers, quienes lideraron el monitoreo participativo.

El monitoreo realizado en la zona incluyó un proceso riguroso de recolección de datos siguiendo el protocolo Reef Check, con el

fin de garantizar la precisión y la confiabilidad de la información. En los sitios emblemáticos de esta zona, como Chuzudo y Piedra Roñosa, los EcoDivers trabajaron sobre transectos de 100 m, registrando la diversidad de peces; los invertebrados indicadores; las enfermedades; y el estado del sustrato en cada área. Este proceso permitió elaborar mapas de biodiversidad y evaluar el estado de salud de los arrecifes mediante técnicas de observación adaptadas a cada componente del ecosistema coralino. La información recolectada no solo proporcionó datos clave sobre la salud de los arrecifes, sino que también fortaleció la autonomía y las capacidades técnicas de los EcoDivers para liderar futuros esfuerzos de conservación.

Paralelamente, se adelantó una evaluación de la percepción de los participantes sobre la capacitación recibida y su relevancia para la diversificación del turismo local, promoviendo prácticas sostenibles de la mano de la ciencia ciudadana. A través de talleres y encuestas se recopilaban opiniones sobre los servicios ecosistémicos y sobre el turismo sostenible, información que contribuirá a consolidar una base de datos demográficos que apoyará la planificación de actividades futuras en la región. Este componente vincula directamente la conservación ambiental con el bienestar comunitario, promoviendo una gestión responsable de los arrecifes.



Composición del sustrato: La Chola, Chuzudo y Piedra Roñosa

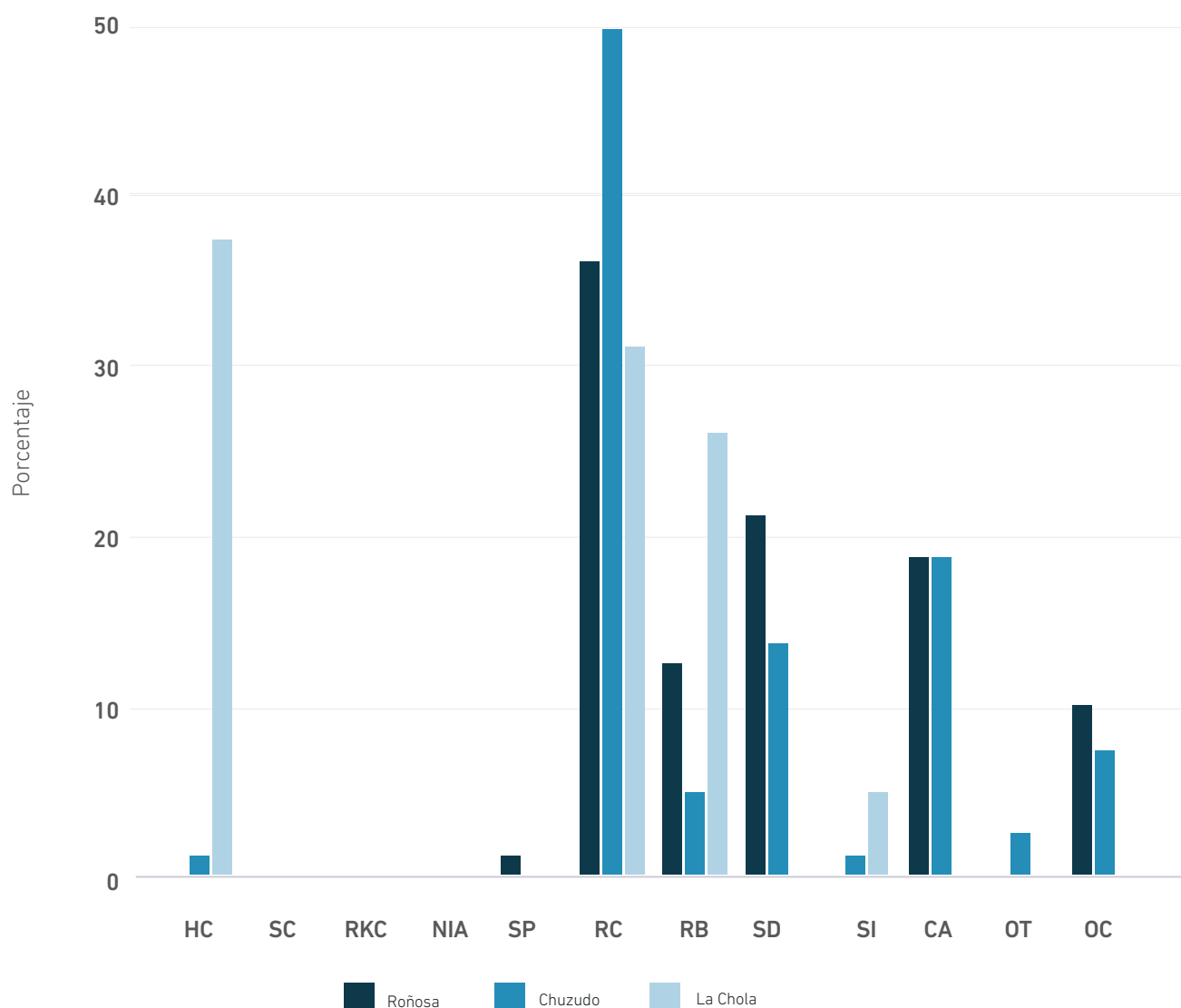
Los sitios monitoreados presentaron una composición variada de sustratos, lo que refleja la diversidad ecológica de la zona. En La Chola se registró

el mayor porcentaje de coral duro (37,5 %), mientras que en Chuzudo y en Piedra Roñosa predominó el sustrato rocoso (RC), con valores de 50 % y 30 %, respectivamente. Aunque no se registró la presencia de coral suave (SC) ni de coral muerto recientemente (RKC), lo que indica

un estado relativamente estable, se observaron algas calcáreas (CA) y octocorales (OC), estos últimos más abundantes en Piedra Roñosa. Las esponjas (SP) fueron reportadas únicamente en este sitio, mientras que la arena (SD) presentó variaciones entre los lugares (**figura 1**).



Figura 1. Datos de composición del sustrato tomados en Roñosa, Chuzudo y La Chola, usando la metodología Reef Check. Las categorías de sustrato son HC: coral duro; SC: coral suave o zoantideos; RKC: coral recientemente muerto; NIA: algas indicadoras de nutrientes o macroalgas; SP: esponjas; RC: sustrato rocosos o algas tapete; RB: cascajo o sustrato no consolidado; SD: arena; SI: sedimento fino; CA: algas calcáreas o costrosas; OT: otros sustratos vivos; OC: octocorales.



Diversidad de peces e invertebrados: señales de salud ecosistémica

En cuanto a la fauna, los resultados del monitoreo de peces en Chuzudo y en Piedra Roñosa (**figura 2**) evidenciaron una alta diversidad, con nueve grupos de peces indicadores en Chuzudo, incluidos los loros (Scaridae), los halcones (*Cirrhitus rivulatus*) y las morenas (Muraenidae), reportados únicamente en este punto. En Piedra Roñosa se identificaron siete grupos, entre los que destacó el pez ángel de Cortez (*Holacanthus zonipectus*), que representó el 47 % de los peces observados. Aunque especies como los pargos (*Lutjanus* spp.) y los meros de tallas superiores a 30 cm (Serranidae) fueron comunes, la vieja de la piedra (*Bodianus diplotaenia*) no fue registrada durante el monitoreo, pese a que los participantes mencionaron su frecuente presencia en la zona.

En relación con los invertebrados, las Ascidias azules dominaron en ambos sitios y no se registraron especies como el caracol machachán (*Titanostrombus galeatus*) ni la estrella de mar corona de espinas (*Acanthaster* sp.) (**figura 3**).

Figura 2. Monitoreo de peces realizado en los puntos de Piedra Roñosa y Chuzudo (Arusí-Coquí), usando la metodología adaptada al monitoreo Reef Check Pacífico.

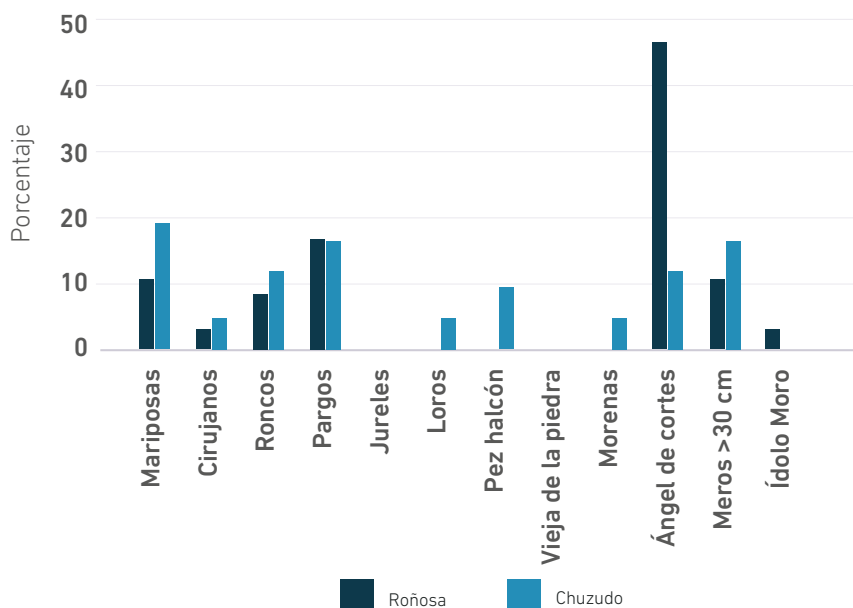
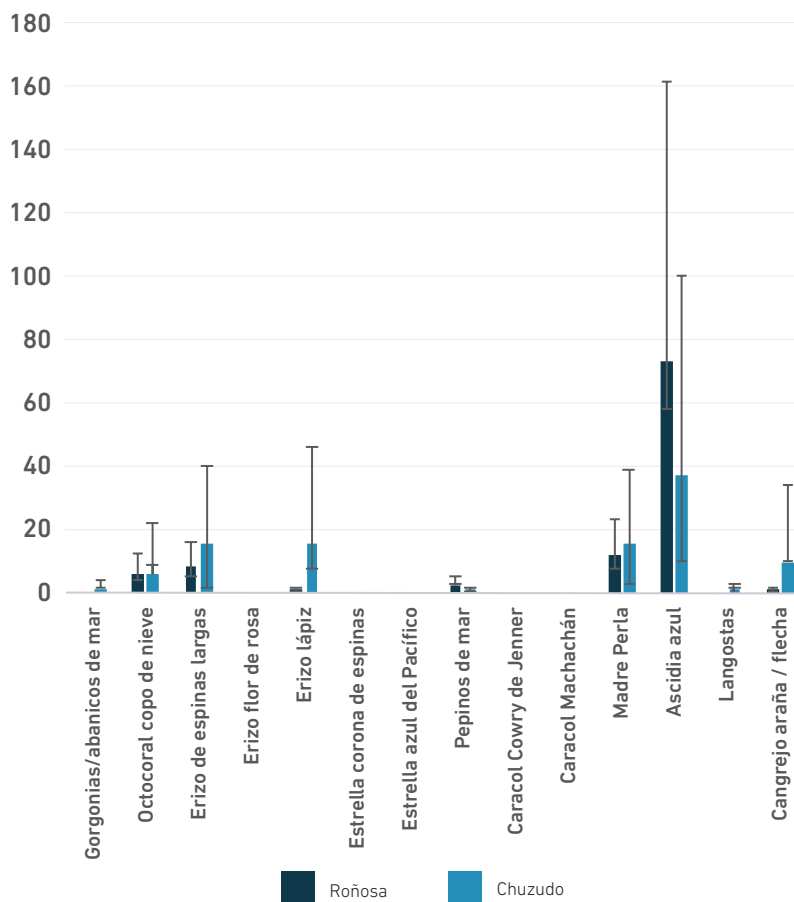


Figura 3. Censo de invertebrados realizado en el sur del golfo de Tribugá, en Piedra Roñosa y Chuzudo, usando la metodología adaptada para Reef Check Pacífico.



Resiliencia de los arrecifes: un ecosistema fuerte y estable

El análisis del Índice de Condición y Tendencia de las Áreas Coralinas (ICTac), reportado previamente por el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR) para la zona de La Chola en el PNN Utría, determinó que los arrecifes de la zona se encuentran en una condición catalogada como “buena” (Navas-Camacho et al., 2022). Sin embargo, al comparar dichos resultados con los del presente estudio, se evidencia una tendencia negativa en la cobertura de coral vivo, la cual disminuyó de 55,53 % a 38 %.

Impacto socioeconómico: ciencia ciudadana como motor de cambio

Aunque el proyecto no implicó intervenciones directas sobre el ecosistema, como la restauración de corales, sí generó resultados valiosos para su comprensión y conservación. A través de la aplicación del protocolo Reef Check se recolectó información clave sobre el estado de los arrecifes y, de manera paralela, se fortalecieron las capacidades locales mediante procesos de formación y participación comunitaria.

La capacitación en este protocolo permitió a los participantes reconocer la importancia de los

arrecifes como fuente de bienestar y de ingresos sostenibles. Al finalizar el curso, demostraron un mayor entendimiento sobre cómo actividades como el buceo con propósito pueden contribuir a la conservación y abrir oportunidades económicas para las comunidades locales.

De esta manera, el monitoreo participativo favoreció tanto la apropiación del conocimiento como la toma de decisiones informadas en torno a la protección de los ecosistemas marinos. Este esfuerzo por adaptar el protocolo Reef Check al Pacífico colombiano ha demostrado ser una experiencia valiosa de ciencia ciudadana, que articula el fortalecimiento comunitario con el impulso al turismo ecológico y las prácticas sostenibles en la región.



Caracterización poblacional de una especie de pepino de mar con alto valor comercial

Golfo de Tribugá - Cabo Corrientes

Natalia Rivas, Giomar Borrero y Luis Chasqui

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés (INVEMAR)



Pepinos de mar: en peligro de colapso

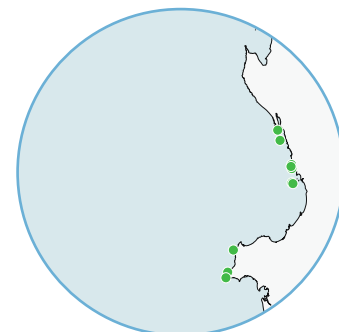
Bajo la superficie del océano, desde las zonas intermareales hasta las profundidades abisales, habita un grupo de organismos cuya labor, aunque pasa desapercibida, es crucial para el equilibrio de los ecosistemas marinos: los pepinos de mar. Estos equinodermos, al alimentarse de detritos, bacterias y diatomeas, no solo limpian y procesan el sedimento del fondo marino, sino que también enriquecen la biomasa de las comunidades bentónicas y contribuyen a la estabilidad de los procesos fisicoquímicos en los sedimentos. Así, los pepinos de mar son indispensables para

la salud del fondo marino (Conde et al., 1995; Conand, 2004; Purcell et al., 2016).

A pesar de su papel ecológico esencial, los pepinos de mar, incluyendo el pepino de mar marrón (*Isostichopus fuscus*), enfrentan una creciente presión comercial. En Asia, los pepinos de mar se han convertido en un producto codiciado tanto por su valor culinario (*bêche-de-mer*) como por sus supuestas propiedades medicinales. La alta demanda ha llevado a la explotación masiva de estos organismos, con exportaciones cercanas a 10.000 toneladas anuales en peso seco, equivalentes a unos 200 millones de individuos (Purcell et al., 2016). En el Pacífico

Oriental Tropical, el pepino de mar marrón es una de las especies más afectadas; en las Islas Galápagos, por ejemplo, la sobrepesca ha ocasionado el colapso de sus poblaciones, al punto de ser considerada actualmente como económicamente extinta en la región (Toral-Granda, 2005; Hearn et al., 2005; Ramírez-González et al., 2020).

▼
Área de estudio del proyecto



Países como México, Ecuador, Panamá y Perú han intentado satisfacer esta demanda, pero la sobreexplotación ha dejado a estas poblaciones de pepinos severamente afectadas. En México, tras dos décadas de explotación, la densidad de la especie ha disminuido en un 80 % (Glockner, 2014). Esta situación refleja la vulnerabilidad de la especie, cuya captura es sencilla debido a su baja movilidad y su preferencia por hábitats rocosos someros. Además, su reproducción por difusión requiere de una densidad poblacional mínima para ser exitosa (Uthicke y Benzie, 2000; Conand, 2004).

En Colombia no existe una pesquería formal dirigida al pepino de mar marrón ni a ninguna especie de pepino de mar, porque no se considera un recurso pesquero. Por esta razón, no existen datos de estadística pesquera de pepinos de mar y, en general, la información sobre la biología y ecología de las especies del grupo es muy escasa. Para *Isostichopus fuscus* en particular, se sabe que habita en zonas rocosas y coralinas entre Cabo Marzo y Tumaco, así como en las islas Gorgona y Malpelo (Neira y Cantera, 2005; Cohen et al., 2009; Guevara et al., 2012). Las densidades registradas en Gorgona son bajas, similares a las de las islas

Galápagos después del colapso poblacional, aunque no está claro si esto constituye una señal de alarma o indica simplemente que las poblaciones son naturalmente bajas en Colombia, especialmente considerando que se trata de un área protegida sin actividad pesquera. La proximidad geográfica con áreas en países vecinos donde ya se ha registrado un colapso poblacional ha encendido las alertas en Colombia, pues si el interés comercial aumentara, las poblaciones colombianas del pepino de mar marrón podrían enfrentar una situación similar si no se toman medidas preventivas y de monitoreo (Torales-Granda, 2005; Palacios y Muñoz, 2012).

Establecer una línea base de información y monitoreo del pepino de mar en Colombia es un paso esencial para proteger tanto a esta especie como al ecosistema marino en su conjunto. Conocer su distribución, densidad y estado poblacional en el Pacífico colombiano es fundamental para anticiparse a futuras presiones comerciales. Además, el monitoreo de esta especie clave contribuirá a la conservación de los hábitats marinos que dependen de los pepinos de mar para mantener su equilibrio ecológico, garantizando la sostenibilidad del pepino de mar marrón antes de que enfrente las amenazas que ya han afectado a otras poblaciones en el Pacífico Oriental.

▶ Pepino de mar
Holothuria kefersteini



Mapeando la vida en las profundidades: exploración del pepino de mar marrón

Con el objetivo de caracterizar las poblaciones de pepino de mar marrón en el norte del Pacífico colombiano se realizaron ocho días de actividades de campo. Los investigadores estudiaron esta especie en 18 estaciones ubicadas entre 7 y 20 metros de profundidad (**figura 1**). En cada estación se realizaron transectos de 50 metros de largo por 2 metros de ancho (100 m^2), para un total de 29 transectos. Los registros incluyeron la presencia y características de coloración de la especie (**figura 2A**) y un análisis detallado de la cobertura bentónica en 116 cuadrantes de 50 cm^2 , utilizando el método de Punto Intercepto Plano para categorizar el sustrato y las coberturas bióticas, como algas calcáreas, esponjas, corales duros y octocorales (**figura 2B**).

Para complementar el estudio, se incorporaron datos de una expedición realizada en 2016 por INVEMAR, que incluyó 20 estaciones en zonas del norte y sur del Chocó. Aunque ese muestreo no se enfocó exclusivamente en el pepino de mar marrón, proporcionó información valiosa sobre equinodermos en general mediante censos visuales sin transectos delimitados, permitiendo una comparación entre regiones y épocas.



Figura 1. Estaciones muestreadas para registro de ocurrencias del pepino de mar marrón. Se diferencian estaciones evaluadas en 2016 (verde) y en 2023 (magenta).

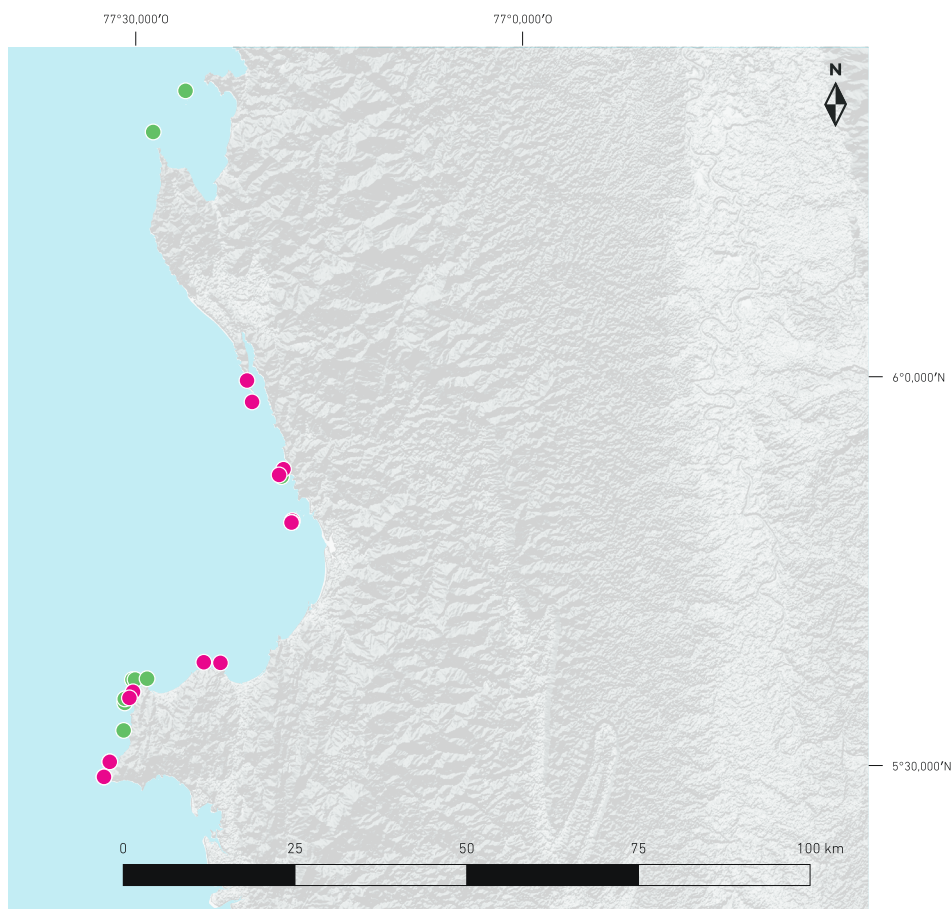
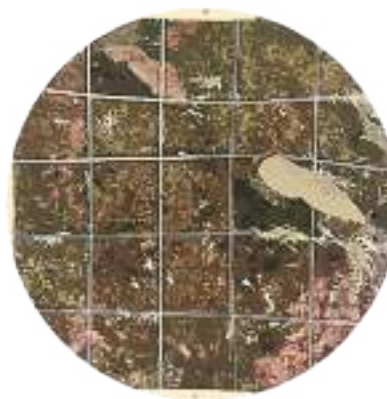


Figura 2. Actividades de campo. (A) Investigador buscando individuos de *Isostichopus fuscus* en transecto de banda; (B) Cuadrantes con grilla para caracterización de cobertura bentónica.

A.



B.



El diseño inicial proponía realizar tres transectos paralelos por estación, pero las condiciones topográficas y la profundidad obligaron a adaptar el muestreo. Los transectos fueron acortados y dirigidos específicamente a áreas rocosas preferidas por la especie, optimizando así el tiempo de buceo permitido bajo los límites recreativos.

Para entender mejor dónde vive y cómo se comporta el pepino de mar marrón, se analizaron los datos teniendo en cuenta factores como el tipo de fondo marino, la profundidad y la ubicación geográfica.

Se usó una herramienta estadística que permite identificar qué factores influyen más en la presencia de esta especie. De esta manera, se obtuvo una visión completa de su distribución, la cual servirá como base para futuras investigaciones y acciones de conservación.

Entre rocas y algas: el refugio del pepino de mar marrón

En las profundidades del golfo de Tribugá y Cabo Corrientes, los investigadores identificaron dos morfotipos del pepino de

mar marrón: uno con patrones reticulados y otro con una coloración café rojiza (**figura 3A-B**). Sin embargo, la presencia de la especie fue escasa, registrándose en solo 14 de los 29 transectos evaluados, a profundidades entre 7 y 24 metros. Las mayores concentraciones se encontraron en Cabo Corrientes, donde se registraron 7 individuos entre las rocas cercanas a la costa.

El análisis detallado reveló que, en la mitad de los transectos donde se observó la especie, solo había un ejemplar presente. En otros casos, se registraron hasta siete individuos, cinco de ellos agrupados en un tramo de apenas nueve metros. Estas cifras reflejaron densidades bajas, que variaron entre 0,01 y 0,07 individuos por metro cuadrado, y tamaños entre 9 y 20 cm.

Los datos obtenidos se contrastaron con la cobertura bentónica del área, destacando un patrón relevante: las densidades más altas del pepino de mar marrón se correlacionaron con áreas que presentaban una mayor proporción de algas calcáreas y roca. El modelo estadístico, desarrollado mediante un Modelo Lineal Generalizado (GLM), demostró que la densidad de la especie aumentaba significativamente en estaciones con estas características, especialmente en Cabo Corrientes, donde las coordenadas geográficas indicaron una preferencia por ubicaciones más cercanas a la costa.



Figura 3. Individuos de pepino de mar marrón fotografiados en el golfo de Tribugá y Cabo Corrientes. (A) Morfotipo I (reticulado); (B) Morfotipo II (café rojizo).

A.



B.



De 2016 a 2023: señales de alerta en el Pacífico colombiano

Los registros históricos de 2016, obtenidos mediante buceos errantes, mostraron un contraste relevante. En esa ocasión, se encontraron individuos del pepino de mar marrón en 10 de las 11 estaciones de la zona norte del Chocó (golfo de Cupica, punta Cruces y Cabo Marzo) y solo en tres de las nueve estaciones del sur (Cabo Corrientes y golfo de Tribugá). La estación La Mina, en Punta Cruces, destacó con un máximo de 28 individuos, seguida por La Parguera y La Viuda, lo que reafirma que la mayor abundancia se localiza en el norte del Chocó.

Al comparar los datos de 2016 con los de 2023 para Cabo Corrientes y el golfo de Tribugá, se observó una disminución en la frecuencia de observación, aunque las diferencias estacionales podrían haber influido. Estas diferencias subrayan la necesidad de estudios más amplios y continuos que abarquen todas las estaciones y áreas del Pacífico colombiano para comprender mejor la dinámica poblacional de esta especie clave.

Un llamado a la acción para la conservación del pepino de mar

El golfo de Tribugá y Cabo Corrientes, aunque presentan hábitats favorables para este pepino de mar, muestran densidades bajas de la especie, lo que podría deberse a un esfuerzo de muestreo limitado o a una distribución más restringida de lo esperado. Los resultados de la Expedición Científica Pacífico Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes de 2023, junto con los muestreos previos de 2016, indican que estas poblaciones son escasas, especialmente en la porción sur del Pacífico norte chocoano. La abundancia de la especie se relacionó positivamente con áreas de roca desnuda y algas calcáreas, lo que sugiere que estos hábitats pueden ser determinantes de su distribución. Por otro lado, la presencia del pepino de mar marrón podría estar asociado con cambios en la alcalinidad local favoreciendo el crecimiento de corales y algas calcáreas.

A pesar de la baja densidad observada, las comunidades locales no mostraron interés en la explotación de esta especie, lo que podría reflejar la escasez de este animal en la región. Este

patrón es similar al observado en las islas Galápagos, donde la sobreexplotación causó un colapso poblacional. Dado que las densidades registradas en Colombia se asemejan a las observadas en otras áreas afectadas por la sobrepesca, es fundamental continuar con el monitoreo de las poblaciones del pepino de mar marrón en el Pacífico colombiano para entender patrones naturales de distribución y abundancia a lo largo del tiempo, así como hábitats esenciales, y poder desarrollar herramientas de manejo y conservación que prevengan el deterioro de sus poblaciones silvestres y aseguren la continuidad de su rol ecológico, clave para la conservación de los ecosistemas marinos.





Migraciones de peces en la zona costera y de manglar

Golfo de Tribugá - Cabo Corrientes

Luis Alonso Zapata Padilla, Beatriz Susana Beltrán León, Julio César Herrera Carmona y Rodrigo Andrés Baos Estupiñán (q.e.p.d.)

Fondo Mundial para La Naturaleza - WWF Colombia

De la tierra al mar: entre manglares y mareas

Los manglares son ecosistemas reconocidos globalmente por su importancia ecológica, social y económica (Costanza et al., 1997; Balvanera y Cotler, 2009). Estos ambientes ofrecen refugio, alimento y zonas de desarrollo a numerosas especies de peces desde sus fases larvales hasta su etapa adulta. Su interacción con los ciclos de marea permite a los peces explorar áreas intermareales, un proceso clave en sus ciclos de vida (Gibson, 2003), que se acentúa en regiones de macromareas como el Pacífico de Colombia, donde los ritmos lunares y diurnos regulan las comunidades ícticas

(Krumme et al., 2004; Krumme, 2009). En el golfo de Tribugá, estos ecosistemas también sostienen actividades pesqueras fundamentales para la economía local (Beltrán-León, 2012).

Exploración oceanográfica: mapas de un mundo dinámico

Se muestrearon 25 estaciones entre Cabo Corrientes y la ensenada de Utría, en tres transectos a 1, 5 y 10 millas náuticas de la costa (**figura 1**). Con una sonda CTD YSI se registraron perfiles de temperatura y salinidad hasta 100 m, lo que permitió una caracterización integral de las dinámicas fisicoquímicas del golfo.



▲ Róbalo negro
Centropomus nigrescens

▼
Puntos de muestreo efectivos del proyecto

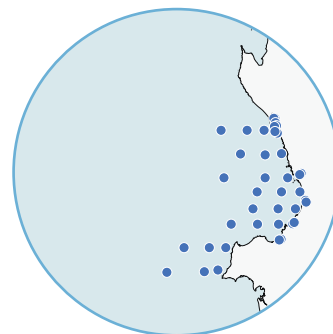
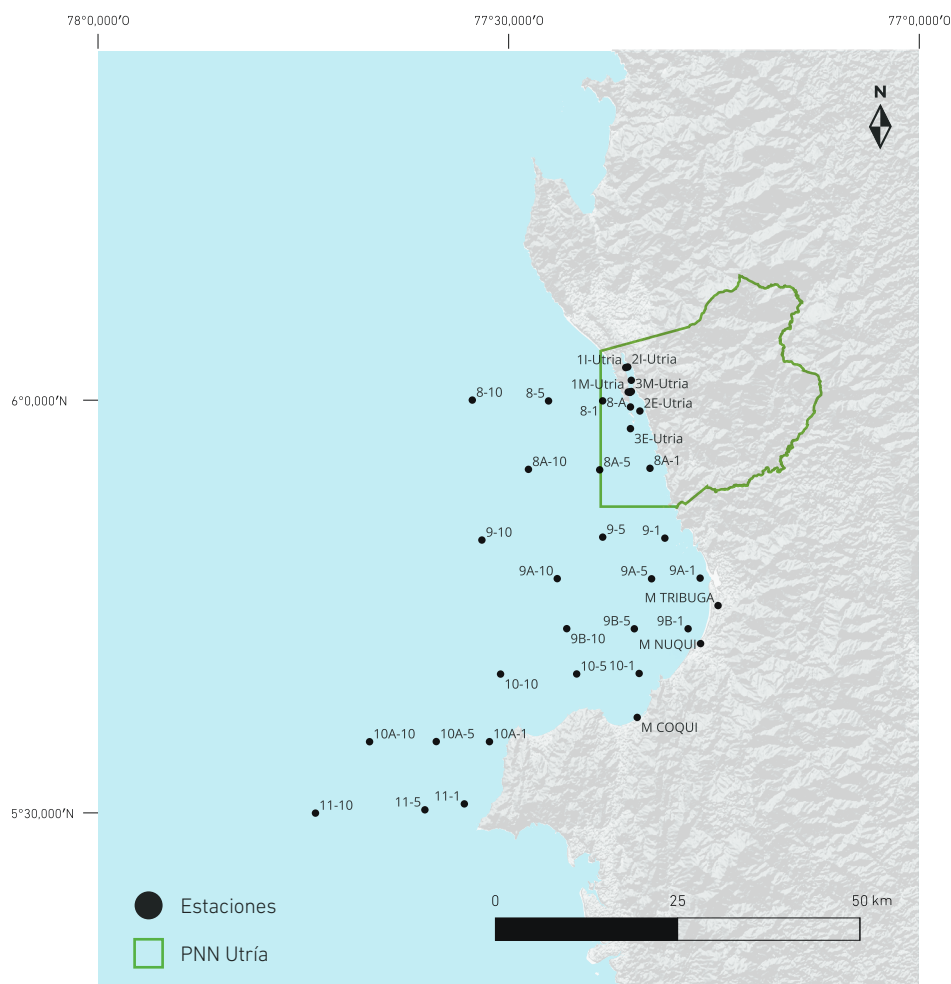




Figura 1. Ubicación geográfica del área de muestreo y malla de estaciones oceanográficas en la zona marino-costera del golfo de Tribugá y Cabo Corrientes.



Desentrañando las primeras etapas del ciclo de vida de los peces y su relación con los manglares

El estudio del zooplancton, con énfasis en el ictioplancton, se llevó a cabo mediante una malla de muestreo con cuatro transectos e intertransectos a 1, 5 y 10 millas de la costa. En este esquema se realizaron 25 arrastres, complementados con tres en manglares (Coquí, Tribugá y Nuquí) y nueve en la ensenada de Utría, sumando 37 arrastres y 74 muestras en total. Este esfuerzo permitió una visión integral de los primeros estadios de vida de los peces en la región.

Las muestras se obtuvieron con redes bongo de 30 cm de diámetro y mallas de 300 y 500 μm , equipadas con contadores de flujo Hydrobios, mediante arrastres oblicuos hasta 50 m de profundidad, siguiendo a Smith y Richardson (1979). Posteriormente, fueron fijadas en alcohol al 96 % para asegurar su conservación y facilitar futuros análisis genéticos. La identificación de las larvas se realizó con base en los caracteres merísticos, morfométricos y de pigmentación, hasta el menor nivel taxonómico posible, siguiendo las claves de identificación de Moser (1996) y Beltrán-León y Ríos (2000).

De forma complementaria, la relación de los peces con los manglares se evaluó a través de ocho pescas experimentales en Coquí, Nuquí-Panguí, Tribugá y Jurubirá. Para ello se utilizaron redes de atajo (20 m × 4 m; ojo de malla de 12 mm), instaladas en marea baja y mantenidas durante el ciclo mareal, lo que permitió capturar los individuos retenidos con el descenso de la marea y procesarlos posteriormente (**figura 2**).

Los peces capturados fueron identificados, medidos y pesados antes de ser liberados nuevamente al ecosistema. Además, se tomaron mediciones fisicoquímicas de salinidad, temperatura y conductividad en dos momentos clave del ciclo mareal: marea baja y marea alta, utilizando una sonda multiparamétrica Hach Sension5®.

Oceanografía: revelando las dinámicas del agua

Las mediciones *in situ* de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) evidenciaron un golfo dinámico, con temperaturas entre 25,65 °C en la ensenada de Utría y 27,53 °C en Cabo Corrientes. Estas condiciones delinearon dos lenguas cálidas y dos núcleos fríos, con un promedio de 26,48 °C y un rango de 1,89 °C. De manera paralela, la salinidad superficial del mar (SSM) varió entre 23,83 en la desembocadura del río Tribugá y 32,17 en aguas oceánicas, reflejando la influencia fluvial y su mezcla con el mar abierto. Los perfiles mostraron capas estratificadas con termoclinas entre 20 y 30 m, y una homogeneización salina a partir de los 30 m, lo que reveló la complejidad fisicoquímica del golfo.

Zooplankton: indicadores de productividad

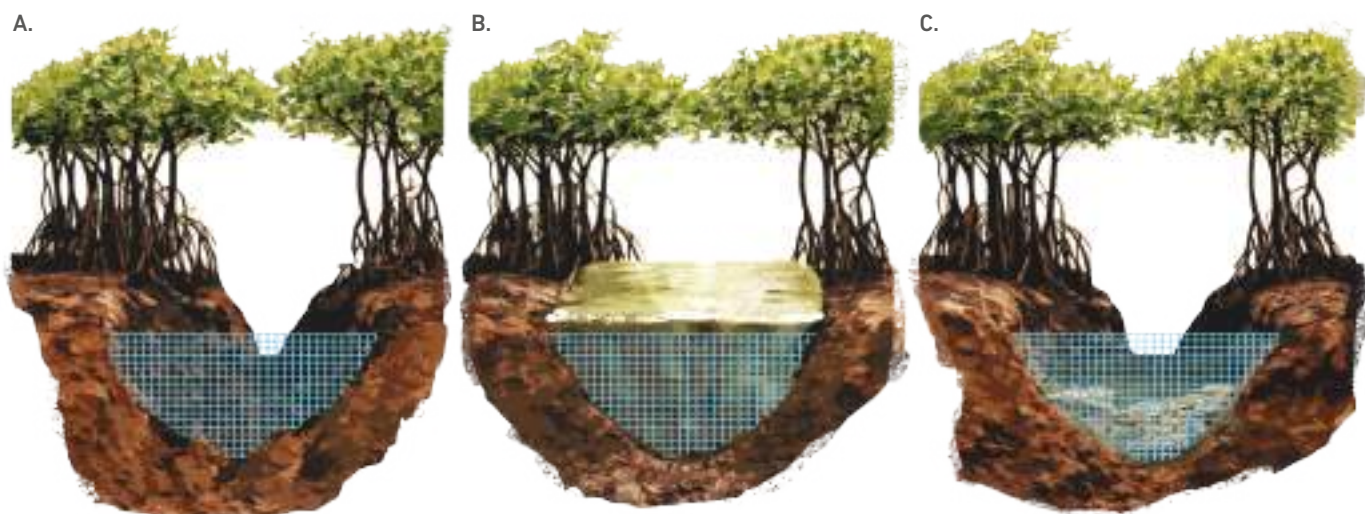
El análisis de biomasa zooplanctónica mostró variaciones asociadas a descargas continentales y a la dinámica hidrográfica, predominando las biomásas medias a altas. Esto confirmó que las condiciones durante el primer trimestre del año —bajas temperaturas y salinidades altas— favorecen la proliferación del zooplankton, facilitando la disponibilidad de alimento y el flujo de energía a través de los niveles tróficos en la región.

Ictioplancton: claves del ciclo de vida marino

En cuanto al ictioplancton, las muestras revelaron una riqueza significativa de larvas y huevos de peces, elementos esenciales



Figura 2. Montaje de redes para colecta. A) Puesta de red en marea baja (sin extender); B) red extendida en marea alta; C) colecta de peces en la siguiente marea baja. Fuente: Prieto y Castellanos (2014).

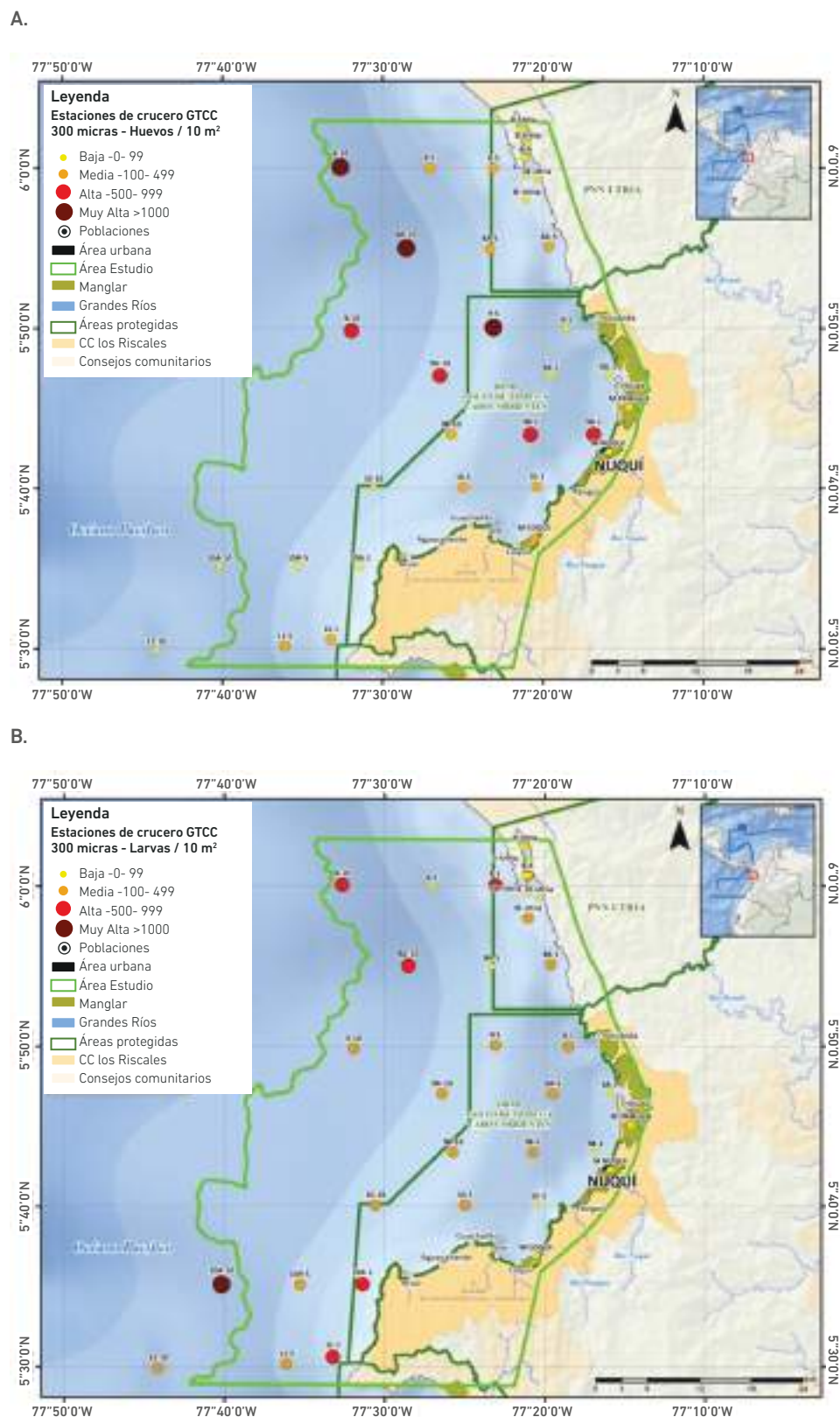


para evaluar la salud y el potencial productivo del ecosistema. Se registraron 19.594 huevos/10 m² con la malla de 300 µm y 7.965 huevos/10 m² con la malla de 500 µm, mientras que las larvas sumaron 9.174 y 5.410 individuos/10 m², respectivamente. Las estaciones a 10 millas, como 8A-10 (10 millas frente a la ensenada de Utría) y 10A-10 (10 millas frente a Arusí), sobresalieron por concentrar abundancias particularmente altas tanto de huevos como de larvas (**figura 3**).

Al analizar las diferencias entre las medianas de abundancia en zonas específicas (manglar y 1, 5 y 10 millas), se encontró que las áreas a 10 millas de la costa registraron los mayores valores para los huevos, mientras que las larvas presentaron un patrón de abundancia máximo a 5 millas de la costa. Este comportamiento podría estar relacionado con las características oceanográficas y con las interacciones con los hábitats costeros cercanos.



Figura 3. Variación espacial de la abundancia de huevos y larvas de peces en la malla de 300 micras del golfo de Tribugá durante marzo 2023. A) Huevos, B) larvas.



Estructura ecológica del ictioplancton

Se identificaron 70 especies de larvas pertenecientes a 30 familias, siendo las más abundantes Myctophidae (28,29 %) y Bregmacerotidae (13,97 %). La diversidad ictioplanctónica (H')

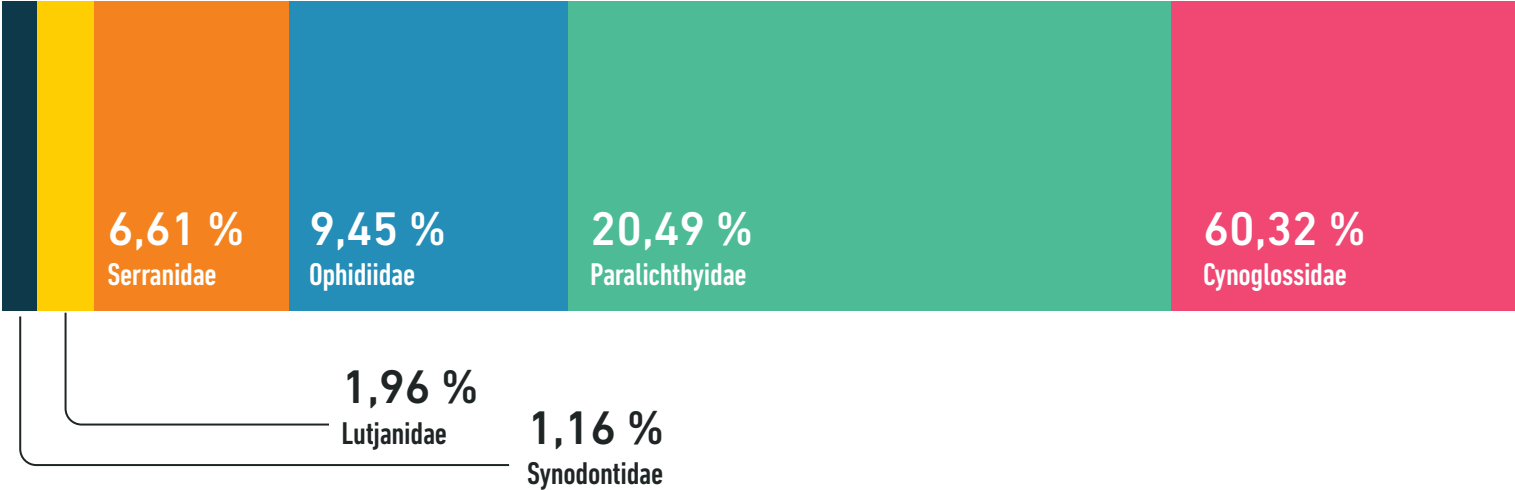
alcanzó su valor máximo en la estación 8-A, ubicada en la boca de la ensenada de Utría ($H' = 2,43$). Las especies de importancia comercial de hábitat demersal y pelágico como lenguados (Paralichthyidae), chernas y meros (Serranidae), merluzas (Ophidiidae), pargos (Lutjanidae), pez huevo

(Synodontidae), sierras y atunes (Scombridae), peladas y corvinas (Sciaenidae), jureles (Carangidae), carduma (Engraulidae) y pargo blanco (Haemulidae) representaron 14,99 % y 13,64 % del total colectado en la malla de 300 μm , destacando su potencial para las pesquerías locales (**figura 4**).

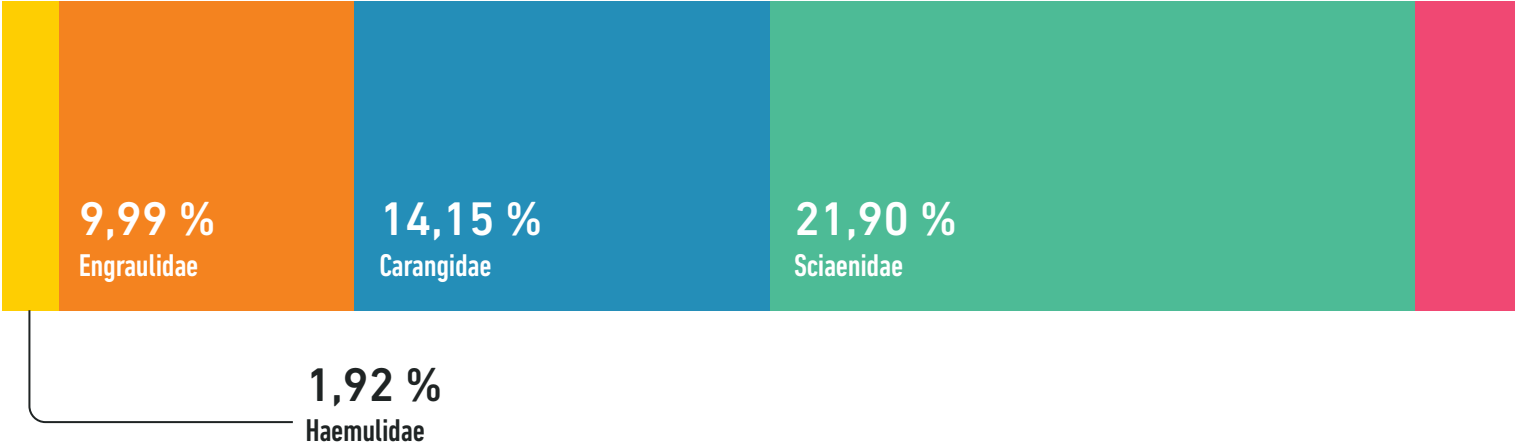


Figura 4. Larvas de peces de las familias de importancia comercial con hábitat A) demersal y B) pelágico, malla de 300 micras, golfo de Tribugá, marzo de 2023.

A.



B.





53

52,04 %
Scombridae

Peces y manglares: la conexión tierra-mar

El uso de redes de atajo en los canales intermareales de los manglares permitió identificar especies que utilizan estos hábitats como refugio y zona de alimentación, destacando por su abundancia el róbalo

(*Centropomus armatus*) y el pargo amarillo (*Lutjanus argentiventris*), de gran importancia ecológica y económica. Estos resultados subrayan el valor de los manglares en la conservación de poblaciones pesqueras. Además, las variaciones de salinidad y temperatura registradas en Nuquí, Tribugá y Coquí reflejan la interacción entre

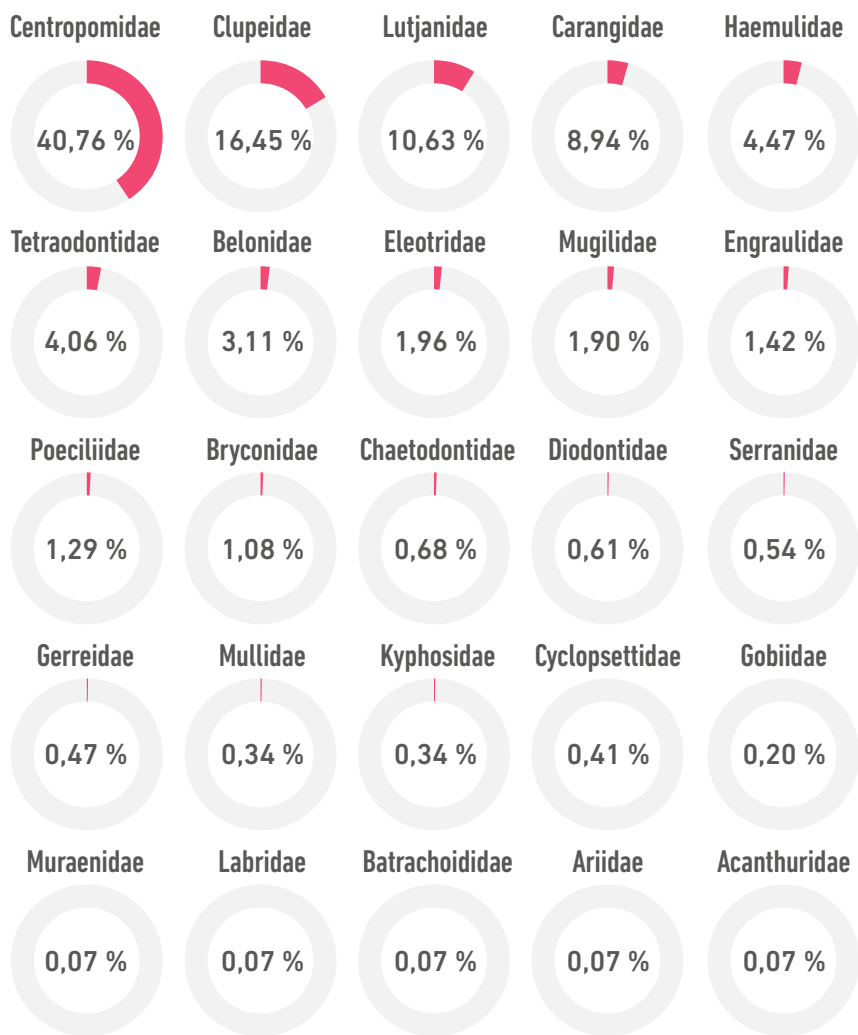
aguas dulces y marinas, que influye en la composición de las comunidades ícticas locales.

Pesca en manglares: donde la biodiversidad florece

En los canales de manglar de Coquí, Nuquí-Panguí, Tribugá y Jurubirá se llevaron a cabo ocho pescas experimentales, lográndose la captura de 1.477 individuos pertenecientes a 39 especies y 25 familias (**figura 5**). Tribugá, con la mayor extensión de manglares, registró la mayor abundancia.

El róbalo (*Centropomus armatus*) y el pargo amarillo (*Lutjanus argentiventris*) fueron las especies dominantes, representando el 74,3 % de los individuos y, junto con el pargo colorado (*Lutjanus colorado*), el 64,6 % de la biomasa total. Los análisis tróficos mostraron la interacción de especies demersales y pelágicas zooplanctívoras, como la sardina rayada (*Lile stolifera*), destacando al róbalo como especie clave para la dinámica ecológica y la sostenibilidad de los manglares.

Figura 5. Abundancia relativa (%) de las 25 familias de peces en manglares de Coquí, Nuquí-Panguí, Tribugá y Jurubirá. Golfo de Tribugá.



Impactos climáticos y el futuro del golfo

Durante el desarrollo de la expedición, la interacción del afloramiento de Panamá con La Niña redujo la temperatura del mar a valores alrededor de 25 °C, lo que disminuyó la reproducción de peces (50 % de los sitios presentaron abundancias bajas de huevos y medias de larvas), pero generó un aumento histórico de la biomasa del zooplancton en comparación con épocas normales. Las corrientes llevaron huevos mar adentro y larvas hacia la costa, mientras especies como la sardina luminosa (*Benthosema panamense*) mantuvieron su abundancia. Esto coincide con Rueda-Montenegro y Beltrán-León (1992) y Beltrán-León (2012), quienes reportan que la

distribución de los huevos y larvas de peces depende del sistema de corrientes característico de la zona y que las mayores densidades de larvas se presentan donde los registros de salinidad son medios y altos. Aun así, a pesar de la reducción en la temperatura, los manglares continuaron siendo refugio y sustento para la fauna y las comunidades locales, reafirmando al golfo como un ecosistema dinámico e interconectado.

Conclusiones desde el corazón del golfo de Tribugá

La investigación confirmó la estrecha interconexión entre el ecosistema marino y el manglar. Las variaciones de temperatura y

salinidad influyen en la abundancia del zooplancton y el ictioplancton, identificando al golfo como zona clave de reproducción con altas concentraciones de huevos y larvas de peces de importancia ecológica y comercial. Los manglares, a su vez, son refugios y áreas de alimentación para especies comerciales como el róbalo y el pargo amarillo. Estos hallazgos destacan la urgencia de conservar ambos ecosistemas para proteger la biodiversidad y garantizar la sostenibilidad pesquera, reafirmando al golfo como un sistema dinámico donde la vida prospera al ritmo de las mareas y de la interacción tierra-mar.



Diversidad de peces en los ecosistemas marino-costeros

Golfo de Tribugá - Cabo Corrientes

José Julián Tavera, Juan David Arias, Arturo Acero Acero y Alejandra Puentes Sayo
Universidad del Valle y Universidad Nacional de Colombia, Sede Caribe



Peces y comunidades conectadas por el océano

El golfo de Tribugá ha sido descrito por científicos y conservacionistas como un *hotspot* de biodiversidad, albergando una de las mayores concentraciones de especies marinas del país. El golfo no solo es hogar de una variedad impresionante de peces, sino que es el escenario de una historia de coexistencia entre naturaleza y humanidad.

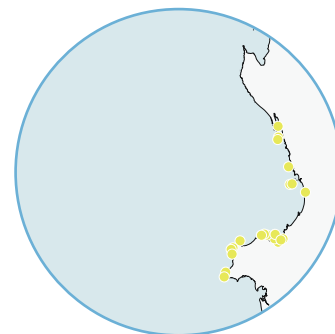
Las comunidades humanas que han vivido allí por generaciones han hecho del mar una de sus principales fuentes de sustento. Sin embargo, la falta de normas de pesca claras ha dejado en incertidumbre el destino de las especies que habitan estas aguas, algunas de ellas con poblaciones

en declive (López-Angarita et al., 2018). Ante esta situación, la necesidad de comprender y evaluar las poblaciones de peces se vuelve urgente. Solo con datos objetivos y cuantificables, obtenidos mediante estudios rigurosos, será posible asegurar que los peces y, por ende, la pesca siga haciendo parte del funcionamiento de los ecosistemas y continúe siendo una actividad sostenible.

La fauna íctica en el golfo de Tribugá es clave en el equilibrio de los ecosistemas locales. Estos animales son más que simples habitantes de los mares; son los arquitectos silenciosos que sostienen las cadenas tróficas y, a través de su presencia, mantienen el balance de los ecosistemas marinos. Su rol es tan fundamental que, al estudiar su riqueza, se puede

evaluar la salud de los océanos. Los peces, además de ser un alimento esencial para millones de personas, conectan los ciclos de nutrientes y participan en la dinámica energética de los ecosistemas (Helfman et al., 2009). Comprender su diversidad, entonces, se convierte en una puerta para entender cómo funcionan nuestros mares y, por ende, cómo podemos protegerlos (Holmlund y Hammer, 1999).

▼
Puntos de muestreo efectivos del proyecto



En los arrecifes de coral tropicales, este mundo marino alcanza su máxima expresión. Allí, más de 6.000 especies de peces se agrupan en una biodiversidad tan alta que representa una décima parte de la totalidad de los vertebrados. Entre estos peces se encuentran especies diminutas y criptobentónicas, es decir, ocultas y que viven en contacto con el fondo marino. Gracias a su forma y comportamiento pasan inadvertidas, pero desempeñan un papel vital en el ecosistema (Brandl et al., 2018). Estas especies, generalmente de menos de 6 centímetros, son como sombras en las aguas; apenas percibidas por los ojos humanos, pero juegan un papel fundamental en el tejido de la vida marina. Sin embargo, a pesar de su enorme diversidad y abundancia, aún se conoce poco sobre ellas, lo que deja entrever una oportunidad importante para seguir investigándolas y comprendiéndolas.

Estrategias de muestreo y conexión comunitaria en el golfo de Tribugá

Con el objetivo de contribuir al conocimiento sobre la fauna íctica local, se llevó a cabo una evaluación detallada de los ecosistemas más representativos del golfo de Tribugá, incluyendo bosques de manglar, estuarios, formaciones

coralino-rocosas y fondos arenosos. Durante 10 días de trabajo de campo, el equipo de investigación realizó actividades de muestreo que incluyeron buceo autónomo, pesca artesanal en colaboración con las comunidades locales y recorridos con pescadores y ecoguías de Pichindé hasta la cascada La Chontadura (**figura 1**).

Figura 1. Puntos de muestreo durante la Expedición.



En los estuarios, manglares y desembocaduras de ríos, los pescadores locales emplean técnicas tradicionales como la línea de mano con anzuelo y carnada, el espinel y la atarraya. En las zonas pelágicas y oceánicas se registraron los ejemplares capturados por los pescadores en alta mar, para incluirlos en el inventario de especies del área. Los especímenes de interés fueron colectados para su análisis y almacenamiento en la colección ictiológica de la Universidad del Valle (CIR-UV).

En los fondos rocosos y arrecifes coralinos, se utilizó el método de buceo errante, nadando a una profundidad constante durante 30 minutos por buceo. Se realizaron anotaciones sobre las especies observadas y su abundancia, y se capturaron datos precisos sobre el tamaño de los individuos usando un sistema de cámaras estéreo sumergibles. Esta tecnología permitió grabar a los peces y medir sus tallas con un software especializado. Los especímenes fueron fotografiados durante el buceo y algunos fueron colectados para confirmar su identificación y realizar análisis genéticos.

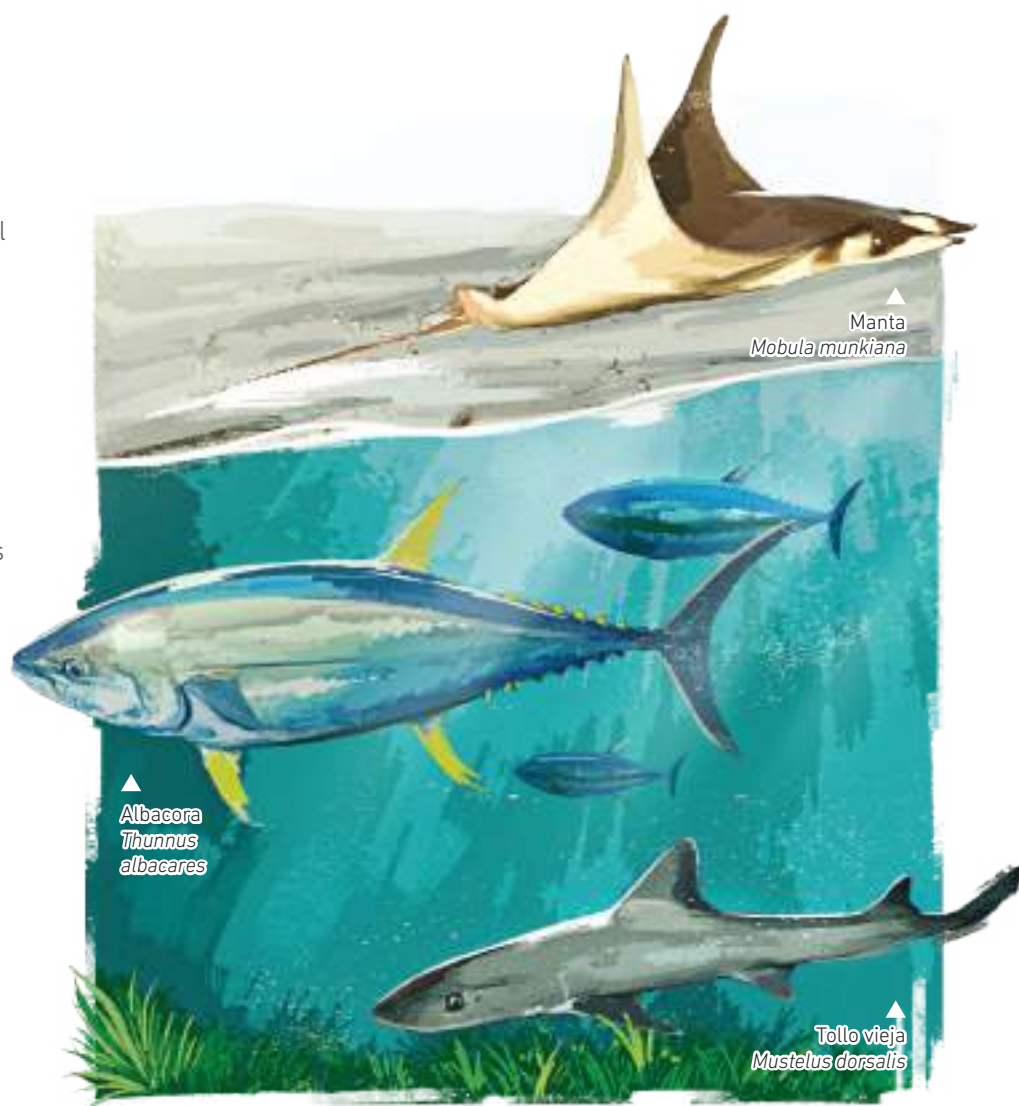
El trabajo de campo también incluyó una estrecha colaboración con las comunidades locales, reconociendo su conocimiento del área y sus recursos. A través del intercambio de experiencias, se fortaleció el vínculo entre ciencia y comunidad, promoviendo la educación sobre la biodiversidad

y el territorio. Los especímenes recolectados fueron identificados en el laboratorio de ictiología de la Universidad del Valle, y posteriormente las muestras de jaqueta gigante (*Microspathodon dorsalis*) y gobio cabeza roja (*Elacatinus punctulatus*) serán secuenciadas para evaluar su conectividad genética.

Tesoros ocultos en el golfo

La expedición reveló un total de 197 especies entre peces óseos y cartilaginosos. De

las cuales, siete especies fueron identificadas como amenazadas, de acuerdo con las categorías establecidas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) y el Libro Rojo de Peces Marinos de Colombia. Entre ellas se incluyen el tiburón cazón (*Mustelus dorsalis*), la manta chica (*Mobula munkiana*), el pez merluza (*Brotula clarkae*), y especies comerciales como el atún de aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y el pez vela (*Istiophorus platypterus*). En la **figura 2** podemos



ver una tabla indicando las familias más representativas (en número de especies) en la zona de muestreo. Además, 56 de las especies observadas son de interés comercial directo para las comunidades locales, lo que subraya la relevancia socioeconómica y ecológica de la pesca para los habitantes de la región.

Estos hallazgos posicionan al golfo de Tribugá como un sitio clave para la conservación de la fauna íctica del Pacífico colombiano, y subrayan la necesidad urgente de proteger sus ecosistemas y continuar con el estudio de su biodiversidad. El reconocimiento de estas especies y de su estado de conservación refuerza la importancia estratégica de la región para la biodiversidad marina y la seguridad alimentaria de las comunidades locales.

Conexión local: ciencia y conservación

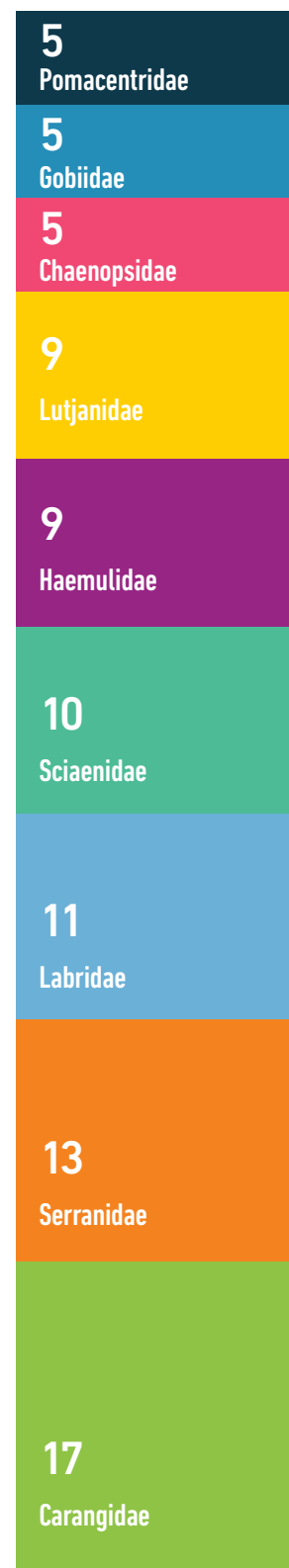
Además de los registros científicos, el equipo de investigación se comprometió a fortalecer la conexión entre la ciencia y la comunidad local. En este sentido, se planea elaborar una infografía para los pescadores y ecoguías de Joví, con el fin de elevar la conciencia sobre la riqueza natural del área y fortalecer la capacidad de los ecoguías para ofrecer servicios ecoturísticos y promover la conservación local.

Un futuro vivo para Tribugá

El estudio sobre el ensamblaje íctico del golfo de Tribugá revela la importancia de esta región para la conservación de la biodiversidad marina del Pacífico colombiano. La alta riqueza de especies y la biomasa observadas subrayan la necesidad urgente de implementar prácticas de pesca sostenible para asegurar la salud de sus ecosistemas a largo plazo. El trabajo conjunto con las comunidades locales ha demostrado ser fundamental en la gestión y el control de los recursos pesqueros, evidenciando cómo la organización comunitaria es clave para la conservación. Este modelo de manejo local, apoyado por el intercambio de conocimientos con instituciones científicas, favorece la apropiación territorial y fortalece la identidad colectiva, estableciendo las bases para un futuro más sostenible.

Los resultados de este estudio contribuyen al conocimiento científico y, además, sirven como una herramienta para que las comunidades locales se conviertan en agentes activos de la conservación. La participación de los consejos comunitarios y el acceso a la información científica permiten una gestión más integrada y efectiva de los recursos naturales del golfo de Tribugá, y establecen un ejemplo de cómo la ciencia y las comunidades pueden trabajar de la mano para proteger la biodiversidad marina.

Figura 2. Riqueza de especies de las familias más representativas observadas durante la expedición.



Diversidad de peces en los jardines de corales negros

Golfo de Tribugá - Cabo Corrientes

Luis Chasqui, Natalia Rivas y Katherine Mejía

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andréis (INVMAR)

Jardines ocultos: refugios de vida en las profundidades

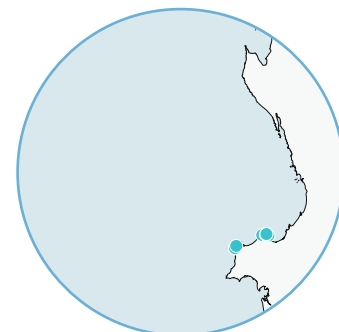
Los arrecifes de coral desempeñan un papel fundamental en la salud de los ecosistemas marinos, ya que albergan una alta diversidad biológica y proporcionan refugio a peces e invertebrados. Los corales están formados por pólipos, pequeños organismos que segregan esqueletos calcáreos; al multiplicarse asexualmente, generan nuevos pólipos que permanecen unidos y se acumulan, dando origen a las colonias coralinas, estructuras sólidas que conforman el arrecife (Rodríguez-Troncoso y Tortolero-Langarica, 2014). En el caso del Pacífico colombiano, son pocas las formaciones coralinas, por lo que los jardines de octocorales y de corales negros constituyen hábitats esenciales en la región.

Los corales negros son cnidarios coloniales que deben su nombre al color oscuro de su esqueleto (negro o café), compuesto por proteína y quitina, con proyecciones en forma de espinas, características del grupo y útiles para diferenciarlos de los octocorales, conocidos como corales blandos. Los corales negros habitan en todos los océanos, particularmente en aguas tropicales y subtropicales, en un amplio rango batimétrico que va desde 2 m hasta 8.600 m de profundidad. A pesar de su amplia distribución, han sido poco estudiados debido a las limitaciones logísticas impuestas por la profundidad, dado que más del 75 % de las especies viven a más de 50 m (Wagner et al., 2012; Suárez et al., 2015).

Investigaciones recientes han revelado jardines densos de coral negro, considerados algunos de los más importantes del Pacífico Oriental Tropical e incluso a escala mundial.

La protección de los corales negros es crucial debido a su crecimiento lento y a su longevidad, que puede alcanzar miles de años (Roark et al., 2006), lo que los hace especialmente vulnerables a perturbaciones humanas como la pesca de arrastre y la extracción para joyería.

▼
Puntos de muestreo efectivos del proyecto



Misión en las profundidades, la ruta de nuestra investigación

Para estudiar los jardines de corales negros en el golfo de Tribugá, un equipo de investigadores visitó tres estaciones seleccionadas estratégicamente: Marcianos, Fidel y Amargal. Las dos primeras, ubicadas en el centro del golfo, son reconocidas por las comunidades locales como zonas de pesca y buceo; la tercera, Amargal, se encuentra en Cabo Corrientes. Estos sitios se caracterizan por ser formaciones rocosas sumergidas, conocidas localmente como riscales, cuya porción más somera se encuentra a 19 m de profundidad. En estos entornos, el equipo implementó una metodología rigurosa para explorar los ecosistemas submarinos.

En cada estación se instalaron transectos de 10 m de longitud que abarcaron áreas con profundidades de hasta 30 m. Sobre estas líneas, los investigadores realizaron censos visuales de peces, registrando todas las especies en un ancho de 1 m a cada lado, para un total de 20 m² por transecto. Además, contaron las colonias de corales negros en contacto con la cinta métrica y midieron la altura de 10 colonias distribuidas regularmente a lo largo de cada transecto (**figura 1**).

Durante el primer día se registró un hallazgo inesperado que llevó a un ajuste metodológico: se identificaron dos morfotipos de coloración en las colonias de corales negros. Este descubrimiento motivó la inclusión de datos adicionales, como el tamaño de las colonias y su color, y la ampliación de la lista de especies de peces observadas

más allá de los transectos, con el fin de caracterizar la biodiversidad de manera más completa.

El procesamiento de los datos recolectados inició con su verificación y la realización de análisis descriptivos para una mejor comprensión; posteriormente se aplicaron pruebas estadísticas. En una primera etapa se calcularon índices por separado para los corales, como el número de colonias por transecto, y para los peces, como las densidades estimadas en cada estación, para luego explorar posibles correlaciones entre la diversidad de especies y las características de los jardines de corales negros. Respecto a la metodología estadística, se empleó un análisis comparativo entre las tres localidades, con el cual se determinaron diferencias en la composición de las comunidades de peces, especialmente en lo relacionado con las densidades de corales negros.



Figura 1. Investigadora instalando un transecto durante las actividades de campo.



Paisajes sumergidos: biodiversidad y dinámicas en los jardines de coral negro

Durante la fase de campo se instalaron 18 transectos en los jardines de corales negros del golfo de Tribugá y Cabo Corrientes, lo que permitió revelar un paisaje submarino caracterizado por una alta



Figura 2. Censos visuales: (A) Individuos de la damisela tijera (*A. atrilobata*) sobre los jardines de coral negro; (B) halconcito narigón (*O. typus*) sobre una colonia de coral negro (*M. panamensis*)."

A.



B.



diversidad biológica. Se identificaron 28 especies de peces, entre las cuales destacaron, por su frecuencia y abundancia, la damisela tijera (*Azurina atrilobata*) y el cardenal morro listado (*Apogon pacificus*). En las ramas de los corales negros, lo que evidencia la estrecha relación entre la fauna y su hábitat, fue frecuente la presencia del halcón narigón (*Oxycirrhites typus*), cuya singular apariencia se muestra en la **figura 2**.

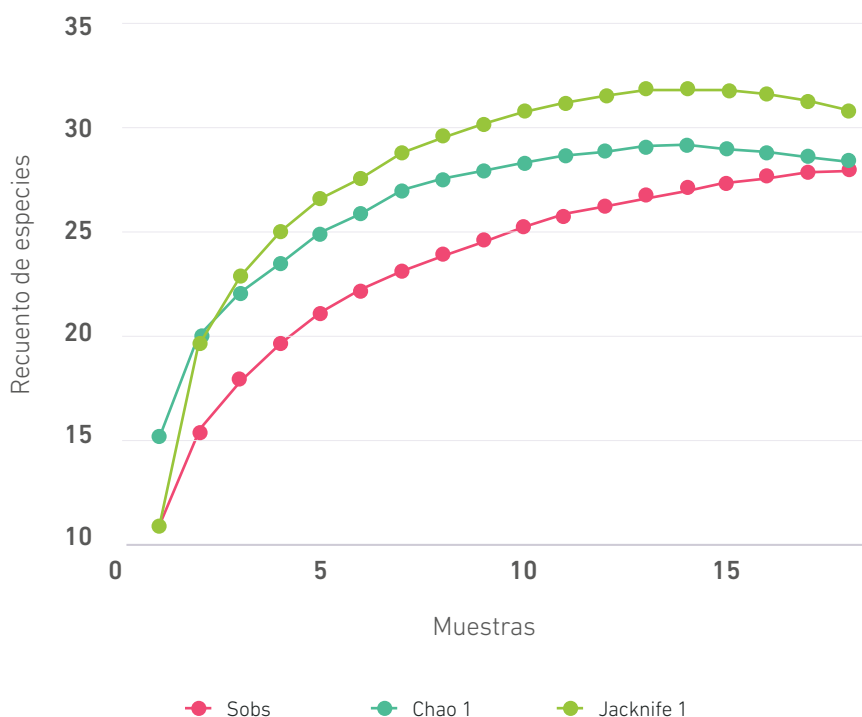
Dinámicas entre localidades

El análisis de los datos recopilados mediante curvas de acumulación de especies confirmó que el muestreo representa adecuadamente la

realidad que se buscaba estudiar (**figura 3**). Las comparaciones estadísticas entre las localidades evidenciaron diferencias significativas en la composición y abundancia de especies, con patrones específicos que reflejan las particularidades ecológicas de cada sitio. La damisela tijera fue más abundante en Marcianos y en Amargal, mientras que el cardenal morro listado destacó en las localidades protegidas del golfo, especialmente en Marcianos. En contraste, el soldado panámico (*Myripristis leiognathus*) fue más frecuente en Amargal y en Fidel, aunque estuvo ausente en Marcianos, lo que evidencia la complejidad y variabilidad de estas comunidades.



Figura 3. Curva de acumulación de especies de peces asociados a jardines de corales negros en el golfo de Tribugá y Cabo Corrientes.



Vínculos entre el mar y las comunidades

En Amargal, el grupo de investigadores identificó una mayor abundancia de especies como el halcón de coral (*Cirrhitichthys oxycephalus*)

y el pez criollo del Pacífico (*Paranthias colonus*), en comparación con las otras estaciones. Este sitio, junto con Fidel, es frecuentado por pescadores locales que buscan especies de interés comercial, como chernas, pargos y bravos,

las cuales no son habitantes permanentes de los jardines de coral negro, pero sí los visitan con frecuencia, lo que subraya la conexión entre estos ecosistemas y las comunidades humanas que dependen de ellos (**figura 4**).



Figura 4. Pescador con un ejemplar de guayaípe (*Seriola peruana*) capturado en Amargal.



Estructura submarina: variaciones en las colonias de *Myriopathes panamensis*

En cuanto a las características físicas de los jardines, las colonias de *Myriopathes panamensis* formaron comunidades monoespecíficas en las tres localidades. Se registró una mayor densidad en Marcianos, con un promedio de 2,16 colonias por metro cuadrado, mientras que en Amargal y en Fidel se observaron densidades más bajas, de 1,55 y 1,34 colonias/m², respectivamente. También se identificaron diferencias notables en el tamaño de las colonias: en Amargal predominaban colonias más pequeñas, con alturas cercanas a 36 cm, mientras que en Fidel y en Marcianos alcanzaban promedios superiores a 70 cm, un tamaño considerable para esta especie.

En cuanto a la diversidad de color, Marcianos y Fidel presentaron dos variantes cromáticas (morfotipos) de *M. panamensis*: blanco y naranja. En cambio, en Amargal no se detectó el morfotipo naranja dentro de los transectos, aunque sí se registraron octocorales del género *Pacifigorgia*. Este conjunto de observaciones evidencia la riqueza y variabilidad de los ecosistemas y comunidades coralinas del Pacífico colombiano y permite comprender mejor cómo se estructuran y diferencian estos jardines submarinos según la localidad.

Reflexión final, lo invisible que debemos proteger

Los jardines de corales negros, como *Myriopathes panamensis*, revelan dinámicas ecológicas complejas. Este estudio mostró que especies como el cardenal morro listado prosperan en Marcianos y en Fidel gracias a la alta densidad de corales negros y a la baja exposición a corrientes, mientras que el pez criollo del Pacífico es más abundante en Amargal, donde las corrientes favorecen una mayor disponibilidad de alimento. Estas diferencias reflejan la singularidad de cada sitio y la influencia de las condiciones locales en la biodiversidad marina. Además, Amargal y Fidel son fundamentales para las comunidades locales, ya que sustentan especies de interés comercial como chernas y pargos, lo que resalta la conexión entre estos ecosistemas y la economía regional.

Las características de los jardines también varían de manera significativa. En Marcianos se registraron las mayores densidades de colonias de coral negro, y en Marcianos y en Fidel se observaron las colonias de mayor altura, en contraste con Amargal, donde predominan colonias más pequeñas que comparten el sustrato rocoso con especies

de octocorales. La presencia de dos morfotipos de coral negro en Marcianos y en Fidel subraya la necesidad de investigaciones genéticas que permitan comprender mejor esta diversidad intraespecífica y los factores que influyen en su distribución. Estas diferencias evidencian la complejidad y el valor ecológico de estos ecosistemas.

Este trabajo estableció una línea base fundamental para la conservación de los jardines de corales negros, un grupo biológico del que aún se cuenta con escasa información en Colombia, a pesar de su alta vulnerabilidad debido a su lento crecimiento y a la explotación histórica para joyería y usos medicinales en el mundo. Además de su biodiversidad, estos hábitats sostienen recursos esenciales para las comunidades costeras, lo que los convierte en un componente clave para garantizar tanto la salud de los océanos como el bienestar humano. Proteger estos ecosistemas es indispensable para enfrentar los desafíos de la conservación marina y promover un manejo sostenible que equilibre la biodiversidad y el desarrollo humano.



Detección, distribución y abundancia de tiburones y rayas críticamente amenazados

Golfo de Tribugá - Cabo Corrientes

Diego Cardeñoso, María Alejandra Herrera y Lui Kawasumi
Florida International University

Guardianes del océano y la utilidad del ADN ambiental

Los tiburones y rayas son clave para la salud de los ecosistemas marinos; sin embargo, en muchas regiones del mundo sus poblaciones se encuentran al borde del colapso. Para estudiar y conservar a estas especies resulta fundamental el uso de herramientas innovadoras que permitan su detección sin necesidad de captura ni alteración del entorno (Boussarie et al., 2018; Simpfordorfer et al., 2016).

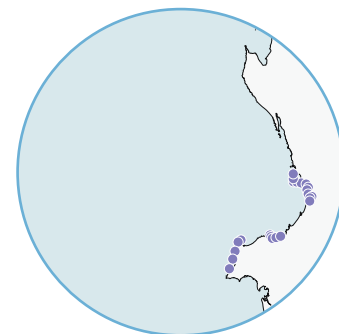
Entre estas herramientas se encuentra el ADN ambiental (eDNA, por sus siglas en inglés), una técnica que aprovecha el material genético liberado por los organismos en su entorno a

través de pequeños fragmentos de piel, mucosidad o heces. El análisis de estas moléculas hace posible identificar especies incluso cuando son escasas o difíciles de observar (Miya et al., 2015; Spear et al., 2021). De manera complementaria, el sonar DIDSON proyecta ondas acústicas que generan imágenes de alta resolución, lo que resulta útil en ambientes de aguas turbias o con baja visibilidad (Dunn et al., 2025).

Con base en estas metodologías, se llevó a cabo un estudio pionero para detectar la presencia, distribución y abundancia de tiburones y rayas en peligro crítico, con particular interés en pequeños tiburones martillo y peces sierra.



▼
Puntos de muestreo efectivos del proyecto



Tras el rastro de tiburones y rayas

El proyecto tuvo como objetivo principal registrar la presencia del pez sierra de dientes grandes (*Pristis pristis*) y de pequeños tiburones martillo (*Sphyrna* spp.), especies catalogadas en peligro crítico de extinción. Para ello, se recolectaron 35 muestras de agua, filtrando 100 litros en cada sitio, y se realizaron 20 monitoreos acústicos con sonar DIDSON (Cooper et al., 2022; Klymus et al., 2020).

Para garantizar resultados confiables, se diseñaron pruebas de laboratorio enfocadas en el ADN de las especies objetivo. Estas pruebas permiten amplificar un segmento específico del material genético que funciona como una “señal de identidad”, de modo que es posible reconocer si en las muestras de agua estaba presente ADN de tiburones o rayas de interés. Al trabajar con este fragmento se asegura que la detección sea precisa, diferenciando estas especies de otras que habitan en la misma zona (Faure et al., 2023; Klymus et al., 2020; Cooper et al., 2022). Esta estrategia, validada previamente en estudios con especies amenazadas como el pez sierra (*Pristis pristis*), permitió diseñar un sistema robusto de detección (Simpfendorfer et al., 2016).

A pesar de esto, los resultados no mostraron rastros de estas especies. Ninguna de las muestras de agua presentó señales de eDNA y las imágenes acústicas tampoco revelaron la presencia de tiburones o rayas. Estos hallazgos evidencian las limitaciones de los métodos moleculares y acústicos en condiciones ambientales extremas (Faure et al., 2023; Liu et al., 2022).

▲
Raya latigo
Hypanus sp.

▲
Guacapa
Pristis pristis



La marea roja: un obstáculo invisible

Durante la expedición se registró un evento de floración algal nociva (conocida como marea roja), una condición ambiental que altera gravemente el ecosistema. Estas floraciones pueden reducir el oxígeno en el agua, liberar toxinas y generar mortalidad en peces, además de acelerar la degradación del ADN ambiental y dificultar su detección en laboratorio (Lacoursière-Roussel et al., 2016; Wu et al., 2022).

Se observó gran cantidad de peces muertos flotando, lo que confirmó la presencia de zonas anóxicas. En estas circunstancias es posible que los tiburones y rayas se desplazaran fuera del área o que sus señales biológicas quedaran enmascaradas (Muenzel et al., 2024).

Lecciones de la ciencia para conservar la vida

A pesar de no encontrar las especies objetivo, este estudio deja aprendizajes valiosos. Primero, muestra los límites de las metodologías moleculares y acústicas cuando se aplican bajo condiciones extremas. Segundo, resalta la importancia de interpretar los resultados dentro del contexto ambiental y no asumir la ausencia de una especie como prueba definitiva de que ha desaparecido (Simpfendorfer et al., 2016; Boussarie et al., 2018).

La combinación de eDNA y sonar DIDSON sigue siendo una de las estrategias más prometedoras para monitorear fauna marina amenazada, pues permite explorar amplias áreas sin causar estrés ni daño a los animales (Dunn et al., 2025). Repetir los muestreos en temporadas sin marea roja aumentará las probabilidades de éxito y aportará información esencial para la conservación de estos guardianes del océano (Cooper et al., 2022).

Una invitación a seguir investigando

La ausencia de tiburones y peces sierra en este muestreo no significa que el golfo de Tribugá haya perdido por completo a estas especies. Más bien, refleja las dificultades de estudiar la vida marina en un entorno dinámico y vulnerable.

Los resultados subrayan la necesidad de continuar con los esfuerzos de investigación y conservación, insistiendo en el monitoreo con diferentes técnicas y en distintos momentos del año. Solo así será posible conocer con mayor certeza el estado real de las poblaciones y fortalecer las acciones para proteger a estas especies emblemáticas del Pacífico colombiano (Muenzel et al., 2024; Faure et al., 2023).





▼
Marea roja, floración
algal nociva.

Distribución y ocurrencia de pequeños cetáceos

Golfo de Tribugá - Cabo Corrientes

Natalia Botero Acosta, María Camila Medina
Martínez, Laura Daniela Benítez (exinvestigadora)
y Susana Caballero Gaitán (ex profesora asociada)
**Fundación Macuáticos Colombia, Fundación
Yubarta y Universidad de Los Andes**

Emergiendo de las sombras: el desafío de los mamíferos marinos

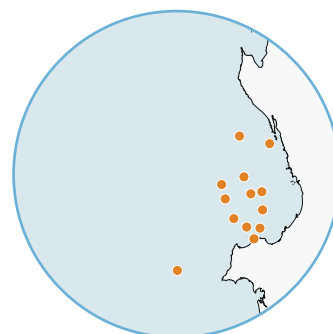
El Pacífico colombiano alberga 29 especies de mamíferos acuáticos que corresponden al 69,04 % de las especies reportadas para Colombia y al 24,2 % de todo el mundo (Trujillo et al., 2023). Estas desempeñan un rol ecológico fundamental como depredadores, presas e incluso como agentes clave en el reciclaje de nutrientes, manteniendo el equilibrio de los ecosistemas marinos y costeros. Este patrimonio natural adquiere una relevancia singular en el Pacífico colombiano debido a que su presencia tiene un valor cultural y económico significativo para las comunidades locales, especialmente por el turismo de avistamiento que atrae visitantes de todo el mundo y genera oportunidades de desarrollo sostenible.

En el golfo de Tribugá, la Fundación Macuáticos Colombia ha registrado 13 especies de cetáceos en 16 años de monitoreo biológico. Desde las majestuosas ballenas jorobadas hasta los pequeños pero ágiles delfines manchados, son viajeros del océano que recorren extensas rutas migratorias y están presentes en océanos de todo el mundo (Flórez-González y Capella, 1995). Sin embargo, la falta de información sobre sus patrones de movimiento y su interacción con actividades humanas como el tráfico de embarcaciones, la pesca y el turismo representa un desafío crítico para su conservación (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022). En este contexto, está en riesgo no solo la supervivencia de estas especies, sino también los medios de vida de las comunidades que dependen de ellas.



▲
Delfín nariz
de botella
Tursiops truncatus

▼
Puntos de muestreo efectivos del proyecto



La necesidad de más conocimiento

Los mamíferos marinos del Pacífico colombiano siguen siendo poco estudiados, especialmente en áreas como el departamento del Chocó. A pesar de los esfuerzos de conservación en lugares como el Parque Nacional Natural Uramba-Bahía Málaga (Valle del Cauca) y el Parque Nacional Natural Gorgona (Cauca), persisten vacíos críticos de información que dificultan la toma de decisiones para la protección de estas especies (Flórez-González et al., 2007). El crecimiento del turismo en estas regiones, si no se gestiona con responsabilidad, puede agravar las amenazas que enfrentan estas especies (Ávila et al., 2021; Girón-Castaño et al., 2025; Scheidat et al., 2004; Do Valle y Cunha-Melho, 2006). Esto resalta la urgencia de

fortalecer los sistemas de monitoreo, reconocer el valor de la investigación básica y promover la educación ambiental como pilares para el bienestar de las comunidades y la sostenibilidad ambiental (Vidal, 1992).

Esfuerzo constante de observación de cetáceos

Las observaciones de cetáceos se realizaron diariamente desde el buque oceanográfico *ARC Providencia* de la Dirección General Marítima. Tres observadoras experimentadas llevaron a cabo 10 jornadas de monitoreo en 65 horas de navegación, cubrieron 883 kilómetros y registraron la

identificación taxonómica de las especies, su posición geográfica, el comportamiento general y la composición y el tamaño grupal. Adicionalmente, se tomaron fotografías de manera continua para su identificación a nivel individual.



Ballena jorobada
Megaptera novaeangliae

Riqueza de especies, un vistazo a los habitantes del golfo

En total, se registraron 16 avistamientos de seis especies de cetáceos, que incluyeron cuatro delfines (delfín moteado, delfín rotador, delfín nariz de botella y delfín común), una ballena no identificada (*Balaenoptera* sp.) y cachalotes (*Physeter macrocephalus*) (**figura 1**).

Capturando datos genéticos: identificación y diversidad en cachalotes

Se tomaron cuatro muestras de tejido (piel y grasa) de cachalotes mediante una ballesta hecha a la medida y flechas modificadas, siguiendo la metodología de

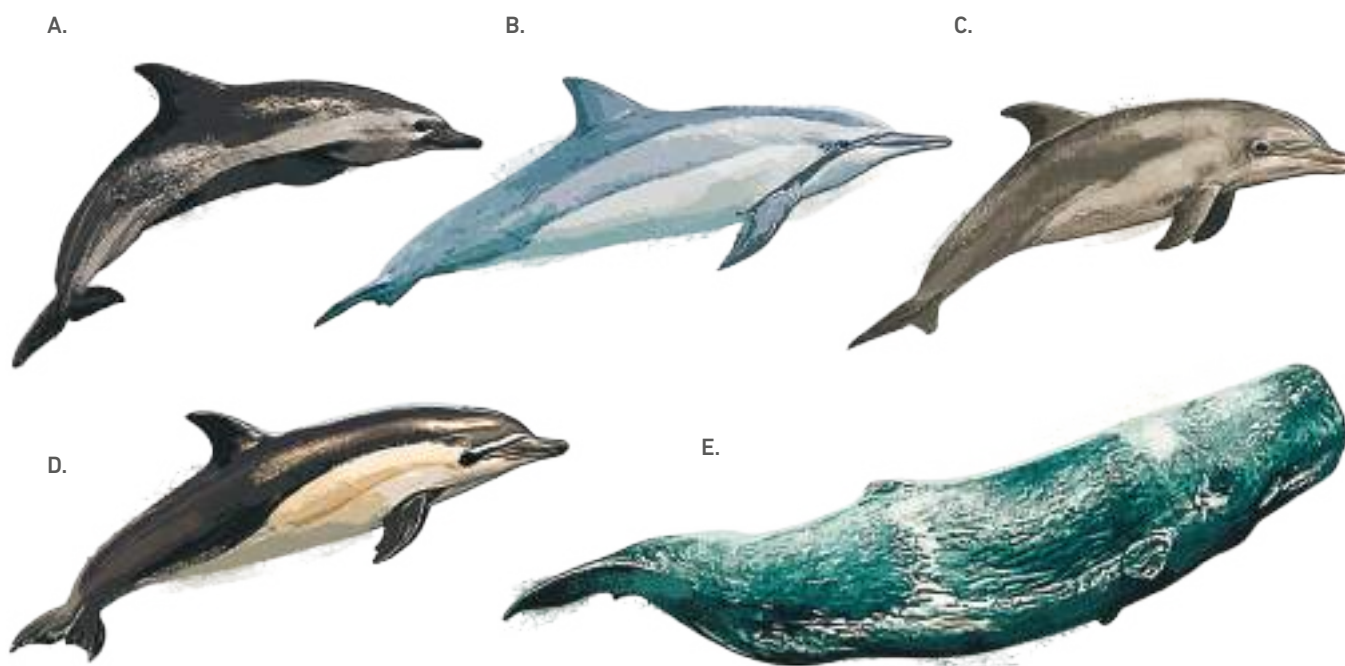
biopsia remota. Luego de su colecta, las muestras fueron congeladas y posteriormente transportadas al laboratorio para el desarrollo de los análisis genéticos (**figura 2**). Se realizó una extracción de ADN previa al sexaje molecular, con el fin de establecer el sexo de los individuos. Adicionalmente, se extrajo ADN total de las muestras de piel colectadas de cuatro cachalotes. Se amplificaron 700 pares de bases (PB) de la región control el ADN mitocondrial utilizando los cebadores M13 Dlp 1.5 y M13 Tphe, previamente utilizados en otros estudios genéticos para esta especie (Alexander et al., 2013). Los productos de amplificación fueron secuenciados por tecnología Sanger en un ABI 3100.

Las secuencias obtenidas fueron editadas manualmente en el programa Geneious (Biomatters LTDA) y las secuencias consenso obtenidas fueron comparadas con la base de datos genéticos de acceso público Genbank.

Se identificó la misma secuencia o haplotipo en las cuatro muestras analizadas. El haplotipo identificado correspondió al designado como NZ05, previamente identificado en muestras de Nueva Zelanda y el Atlántico Norte. Estos resultados sugieren que las muestras colectadas provenían de un mismo grupo familiar y que el haplotipo identificado es probablemente un haplotipo común a varias poblaciones en la distribución cosmopolita de esta especie.



Figura 1. Especies avistadas en los sitios de muestreo. A) delfín moteado pantropical (*Stenella attenuata*); B) delfín rotador (*Stenella longirostris*); C) delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*); D) delfín común (*Delphinus* sp.); y E) cachalote (*Physeter macrocephalus*).



Mapeando el golfo: ¿dónde viven? Explorando los patrones de distribución marina

Se estimó la distribución espacial de los avistamientos en función de la distancia a la costa y profundidad. Además, se analizaron imágenes satelitales para evaluar la producción biológica mediante datos de temperatura superficial del mar, producción primaria y batimetría.

Los transectos realizados durante la expedición indicaron un esfuerzo de muestreo concentrado en la zona sur del golfo. Se observó que los delfines moteados pantropicales (*Stenella attenuata*) se distribuían en áreas cercanas a la costa (8,9

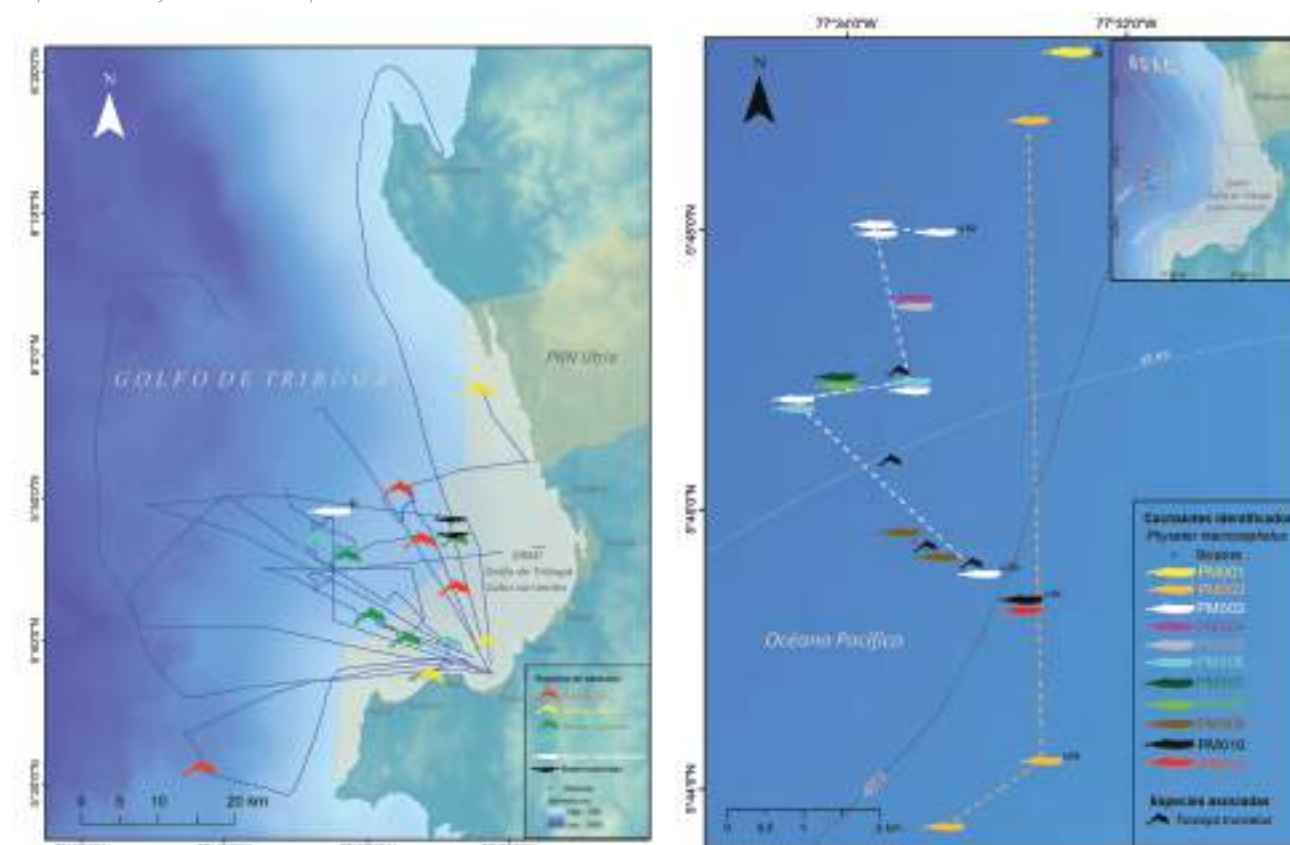
km), mientras que otras especies como los delfines comunes (*Delphinus* sp.) se detectaron en aguas más profundas (**figura 3a**). Los cachalotes (*Physeter macrocephalus*), ocasionalmente acompañados por delfines nariz de botella (*Tursiops truncatus*), fueron registrados a mayor distancia y profundidad. Principalmente se distribuyeron entre los 20 y 30 km de la costa, a una profundidad de 1.500 m, en un área aproximada de 18 km² y un recorrido de 28,7 km (**figura 3b**). En contraste, variables como la temperatura superficial y la productividad primaria mostraron poca variación entre los avistamientos.



Figura 2. Muestra de tejido de cachalotes (*Physeter macrocephalus*) colectada mediante biopsia remota.



Figura 3. A) Distribución espacial de especies de cetáceos y muestras de tejido colectadas en el golfo de Tribugá; B) distribución espacial de *Physeter macrocephalus*.



Fotoidentificación: reconociendo a los cetáceos

Las fotografías recolectadas fueron analizadas manualmente para desarrollar procesos de fotoidentificación a nivel individual. Para esto se utilizan marcas distintivas, como muescas, cicatrices, patrones de pigmentación y la forma y contorno de las aletas dorsales y caudales (**figura 4**). El procesamiento de las imágenes se realizó mediante el software Photoshop CS6®, lo que permitió una clasificación detallada en la que se identificaron 11 cachalotes (**figura 5**), contribuyendo al catálogo de fotoidentificación de la Fundación Macuáticos Colombia en el Pacífico norte colombiano.

Entre saltos: comportamientos que hablan

El comportamiento de las especies fue diverso, empezando por los delfines realizando saltos con giro

y desplazamientos coordinados, especialmente durante frenesíes de alimentación, en los que también se observó la presencia de atunes aleta amarilla y aves marinas (pelícanos, piqueros y fragatas). La estructura social fue dinámica, con grupos dispersos y altamente cohesionados, y presencia de crías y juveniles en cinco avistamientos. Por otro lado, los cachalotes se desplazaron a velocidades intermedias, con una interacción social/agonística registrada entre dos individuos. En general, se observó que los individuos no integraban un grupo compacto en el área; en contraste, se encontraban separados por distancias entre 0,4 y 2 km. Realizaban inmersiones cortas entre 1 y 4 minutos y permanecieron erráticos en el sector. Se observó la presencia del delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*) en cuatro ocasiones, tres de ellas interactuando en los grupos de cachalotes.

Conexión comunitaria y educación ambiental en acción

Durante la expedición se llevó a cabo una actividad de educación ambiental con docentes, estudiantes de grado 10° y 11° y líderes comunitarios de Jurubirá, Arusí, Nuquí y Coquí. En esta charla se abordaron temas de taxonomía de mamíferos marinos; diferencias entre delfines y ballenas; amenazas para las especies y la importancia de la investigación en la zona (**figura 6**). Este encuentro propició un valioso intercambio entre la ciencia y el saber local, despertando el interés de varios jóvenes por la biología marina. La Fundación Macuáticos Colombia se ofreció como plataforma para que quienes deseen vincularse puedan vivir la experiencia investigativa en el territorio.



Figura 4. Caracteres de identificación individual en aletas dorsales de delfines comunes (*Delphinus* sp.); A-B) muescas sobre la superficie longitudinal; C) coloración distintiva.

A.



B.



C.





Figura 5. Catálogo de fotoidentificación de cachalotes.

Aleta dorsal derecha



Aleta dorsal izquierda



Aleta caudal



Un paso más en la conservación del golfo de Tribugá

La Expedición Científica Pacífico Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes ha sido clave para entender mejor a los cetáceos del Pacífico colombiano.

Se avanzó en su identificación taxonómica, distribución espacial, estructura social y comportamiento, especialmente durante la migración de la sardina. Este esfuerzo no solo ha generado conocimiento científico, sino que también ha tejido lazos con las comunidades locales

y organizaciones sin ánimo de lucro, promoviendo la conservación y fortaleciendo la educación ambiental en la región. El trabajo colaborativo y continuo es esencial para asegurar la protección de este ecosistema único y sus habitantes.



Figura 6. Estudiantes de las instituciones educativas del golfo de Tribugá y líderes de Coquí en la jornada de educación ambiental.



Estado del manglar desde imágenes satelitales y su manejo desde la comunidad

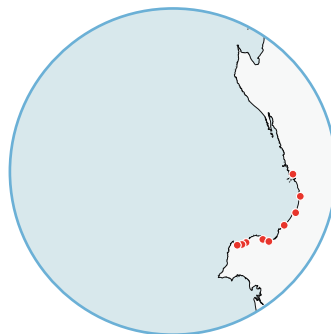
Golfo de Tribugá - Cabo Corrientes

Paulo J. Murillo-Sandoval y Mauricio A. Perea-Ardila
Universidad del Tolima

Los manglares, los guardianes verdes del Pacífico

Los manglares del Pacífico colombiano son ecosistemas valiosos para el país; protegen las costas de la erosión, regulan el clima, son refugio de peces, moluscos y cangrejos y sostienen la cultura y la economía de las comunidades afrocolombianas (García et al., 2014; Treviño y Murillo-Sandoval, 2021). En el golfo de Tribugá (**figura 1**), estos bosques han resistido presiones gracias al aislamiento geográfico y a la gestión comunitaria (Castellanos-Galindo et al., 2021).

▼
Puntos de muestreo efectivos del proyecto



Lo que reveló la ciencia: pérdidas, cambios y resiliencia

Los resultados revelaron una disminución en la extensión de manglar, pasando de 2.685 hectáreas en el año 2000 a 2.360 ha en 2020, equivalente a una reducción del 0,6 % anual (**figura 2**). La degradación, con 80 ha para 2020, fue la principal causa directa de cambio en los manglares, mientras que, alrededor de ellos, la agricultura ejerció una fuerte presión con 190 ha. Otros cambios identificados estuvieron asociados a procesos de erosión y acreción, que afectaron hasta 40 ha cada año (**figura 2**). Sin embargo, es importante señalar que la degradación de los manglares disminuyó de forma notable en la última década.

La conservación de los manglares reflejó la influencia del Plan de Manejo en la dinámica del ecosistema, destacando su papel en la reducción de procesos de degradación. Como se observó en la **figura 3**, hubo mayor variabilidad y pérdida en la distribución de los manglares en las zonas de uso sostenible, recuperación y preservación antes de la implementación del Plan de Manejo de 2014. A partir de su implementación, las proporciones de cada categoría se estabilizaron, lo que indica que estas medidas de gestión contribuyeron a frenar la pérdida abrupta de manglar, principalmente en las zonas de recuperación y preservación. Las zonas de manejo sostenible

continúan registrando pérdida de manglar, donde la mayoría de las actividades de uso y extracción se concentran.

Un futuro en juego: amenazas y oportunidades

Aunque los manglares han mostrado estabilidad desde la implementación del Plan de Manejo

en 2014, aún persisten amenazas. Por un lado, la expansión agrícola, la urbanización y proyectos de infraestructura, como el puerto de aguas profundas en Tribugá, podrían fragmentar el hábitat y afectar los medios de vida de las comunidades. Estudios sobre la factibilidad del puerto revelan que este puede generar más costos ambientales que beneficios directos (Solis et al., 2021). Un

Figura 2. Cambios en la extensión de coberturas costeras entre los años 2000 y 2020.

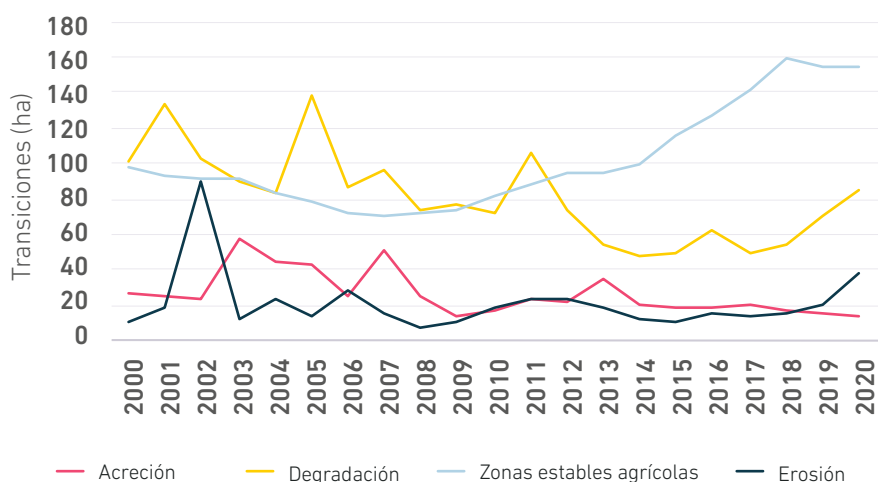
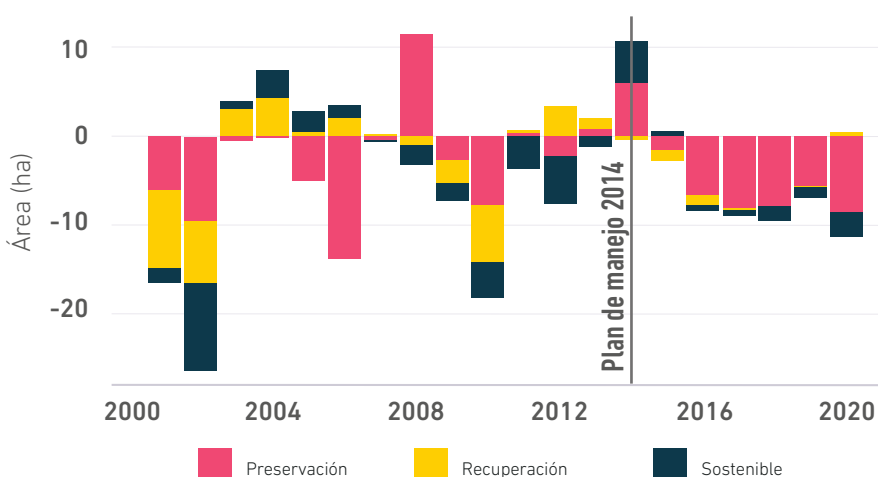


Figura 3. Áreas de cobertura de manglares en las tres zonas de manejo en el golfo de Tribugá.



indicador preliminar del desarrollo de infraestructura es el aumento de la actividad humana registrada por las luces nocturnas. Entre 2014 y 2023 se observó una expansión en la iluminación promedio en localidades como Nuquí y Tribugá (**figura 4**), lo que refleja el crecimiento de actividades económicas y asentamientos. Este patrón confirma que, aunque los manglares han resistido, la presión externa sigue aumentando y podría intensificarse con nuevas inversiones en infraestructura.

El saber local como defensa

El conocimiento científico se complementó con las percepciones de habitantes de Nuquí, Coquí, Panguí y Arusí, con el fin de entender los factores culturales que motivan un compromiso local con la conservación de los manglares y las presiones diarias que los rodean (Beitl et al., 2019). Para ellos, los factores principales que afectan los manglares son la extracción de madera, la disminución de la piangua (*Anadara tuberculosa*), la contaminación por motores y los deslizamientos que aumentan la sedimentación. Como respuesta, se han establecido vedas comunitarias, viveros de restauración y acuerdos para limitar el uso de recursos. Adicionalmente, existen oportunidades para la conservación; por ejemplo, actualizar el Plan de Manejo de los manglares, incorporando la cosmovisión de las comunidades y el uso de imágenes tomadas desde drones para un monitoreo más detallado que permita la intervención.

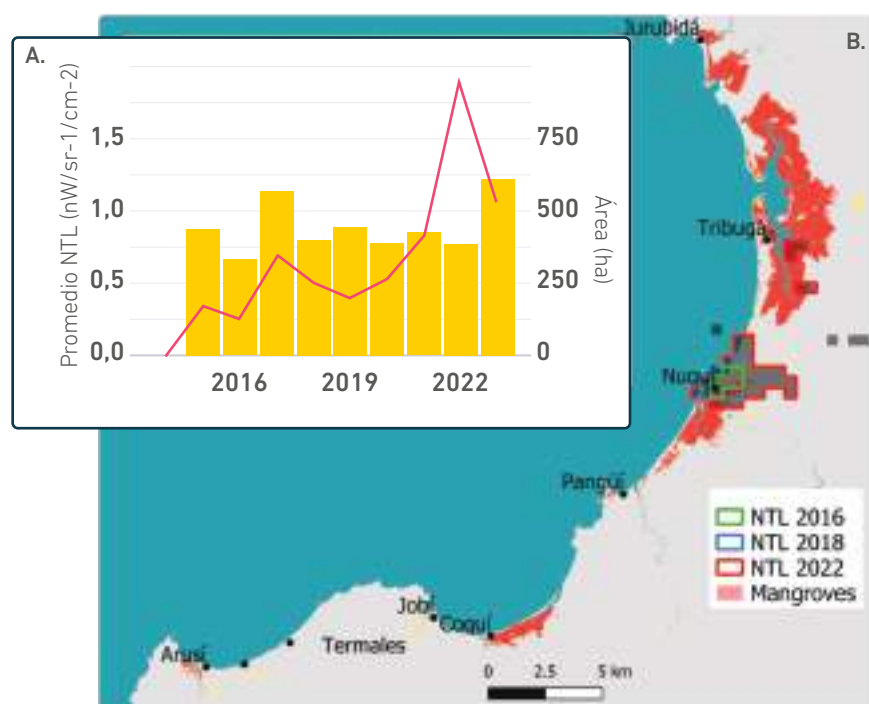
Tribugá, símbolo de resiliencia

El caso de los manglares del golfo de Tribugá muestra que la unión entre información geográfica y comunidades puede ayudar a mantener la salud del ecosistema. Aunque los resultados demuestran que la cobertura de manglar se redujo gradualmente en las últimas dos décadas, la gobernanza comunitaria y el Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) han logrado atenuar la pérdida de manglar y desarrollar bases para mejorar la resiliencia de estos sistemas socioecológicos (Berkes y Ross, 2013).

Este esfuerzo favorece la protección de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que brindan los manglares, al tiempo que garantiza la continuidad de prácticas culturales, pesqueras y turísticas fundamentales para las comunidades afrocolombianas de la región. Por otro lado, el futuro de estos ecosistemas dependerá de la capacidad para actualizar el Plan de Manejo, incorporar la visión de comunidades indígenas y garantizar decisiones continuas de inversión económica que incluyan procesos participativos y de conservación.



Figura 4. Relación entre la cobertura estable de manglares y el aumento de la luminosidad nocturna (NTL) entre 2014 y 2023. a) Variación temporal del brillo promedio nocturno (barras amarillas) y el área cubierta con presencia de luz (línea roja). b) Distribución espacial de los manglares estables (rojo) y la cobertura de luminosidad nocturna registrada en 2022 (gris), destacando los principales núcleos poblacionales costeros



PaSIGfico, sistema de información geográfico del Pacífico colombiano

Golfo de Tribugá - Cabo Corrientes

Paola Echeverry Hernández, Stephany Montoya Sáchica y
Liliana Sánchez Manco

**Infraestructura de Datos Espaciales Marítima, Fluvial y
Costera, Dirección General Marítima**

Históricamente ha existido una tensión entre el secretismo y la apertura de la ciencia. Los científicos del siglo XV registraban sus inventos y descubrimientos en clave para poder demostrar que fueron los primeros, pero sin mostrar sus resultados abiertamente para evitar su robo. Más tarde se crearon las academias de ciencias y con el nacimiento de las revistas científicas en el siglo XVII, surgieron espacios para compartir y debatir ideas y descubrimientos, lo que permitió que estos se convirtieran en base para crear nuevo conocimiento por parte de otros.

Más tarde, los principios altruistas de este modelo de disseminación del conocimiento se volvieron, por diversos motivos, una caja negra en la que la ciencia fue encerrada y solo un cierto sector de la sociedad podía acceder a ella. Afortunadamente,

en la era de la cuarta revolución industrial dada por la digitalización, muchos científicos y organizaciones hacen parte de una nueva corriente que busca que la ciencia sea abierta: revistas científicas gratuitas; software libre y de código abierto; diálogo con otras formas de conocimiento; y participación abierta con actores sociales, entre otras.

Los principios que rigen esta nueva mirada a la ciencia son éticos y sociales y se basan en la premisa de que la ciencia es un bien público y que el conocimiento generado con recursos de la sociedad debe volver a ella de forma accesible y clara para que pueda ser usado en beneficio de las comunidades de forma transparente y, al mismo tiempo, aumente la confianza en la ciencia y en las instituciones que la desarrollan.

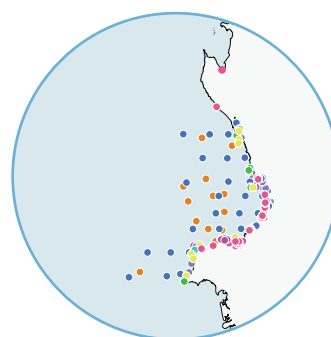


Entendiendo que la ciencia no es exclusiva de los científicos, el proyecto PaSIGfico, en cabeza de la Infraestructura de Datos Espaciales Marítima, Fluvial y Costera del país (IDE sectorial) liderada por la Dirección General Marítima, busca fomentar la cultura científica en la sociedad a la que sirve, con base en las recomendaciones sobre ciencia abierta dadas por Unesco (2021) y en los lineamientos del Comité de Expertos sobre la Gestión Mundial de la Información Geoespacial, que, respecto de la información geoespacial marina, establece, entre otras ideas, la sensibilización y la facilitación de la disponibilidad, accesibilidad e integración de la información geoespacial marina en beneficio de la sociedad, el medio ambiente y la economía (United Nations, 2024).

Un océano de datos para un territorio vivo

El océano y el espacio que lo rodea son un territorio vivo que guarda claves esenciales para comprender muchos de los fenómenos que influyen en el continente. Gracias a décadas de investigación y a la representación gráfica mediante mapas, hoy es posible acercarnos un poco más a ese mundo aún inexplorado.

PaSIGfico nace justamente para eso: ofrecer una mirada espacial de nuestros mares y costas, accesible para investigadores, autoridades, comunidades locales y ciudadanía en general. Más que un repositorio, es una herramienta de gestión del conocimiento diseñada para almacenar, integrar y difundir los resultados de la investigación desarrollada durante la Expedición Científica Pacífico Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes. Este sistema transforma datos en información útil y conocimiento aplicado, fortaleciendo la planificación, la toma de decisiones y la apropiación social del territorio.



▲ Puntos de muestreo efectivos del proyecto



De las olas a los datos: una mirada renovada al Pacífico

Cada gota del océano y cada hoja del manglar contienen información valiosa sobre la vida marina, las dinámicas ecológicas y los fenómenos que conectan el mundo marino con el continental.

Durante la Expedición Científica Pacífico Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes se recolectaron datos georreferenciados en ecosistemas clave como manglares, arrecifes, fondos rocosos, playas y estuarios. Para consolidar esa información, el proyecto PaSIGfco implementó cuatro etapas fundamentales:

1. Se diseñó el SIG con base en el modelo ArcMarine y ArcGIS Desktop, estableciendo una estructura estandarizada para consolidar datos marino-costeros (Wright et al., 2007).
2. Se brindó apoyo técnico en campo mediante QuickCapture for ArcGIS, herramienta con la que se registraron 315 puntos de muestreo georreferenciados durante la expedición.
3. Se desarrollaron herramientas Web GIS (StoryMaps, GeoApps y Geohub) que permiten explorar mapas, rutas, resultados y narrativas científicas de forma interactiva.
4. Se integró toda la información en una base de datos geográfica (GDB) bajo estándares de la Infraestructura de Datos Espaciales Marítima, Fluvial y Costera, garantizando su disponibilidad, trazabilidad y estandarización.

Hallazgos que construyen territorio y futuro

Los datos recopilados durante la Expedición Científica Pacífico Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes se obtuvieron en dos fases de campo que, en conjunto, permitieron consolidar puntos de muestreo.

La primera fase tuvo un registro de 140 puntos, en los que se recopilaban datos sobre diversidad íctica; caracterización de pepinos de mar; ictiofauna en jardines de antipátarios (corales negros); dinámica de manglares y migraciones de peces.

La segunda fase sumó 175 puntos adicionales que aportaron datos sobre pequeños cetáceos, tiburones y rayas en estado crítico, arrecifes coralinos y resultados de campañas de limpieza en playas.

Las metodologías incluyeron estaciones de observación; recolección de muestras biológicas; parcelas forestales; mediciones oceanográficas y firmas espectrales. Este conjunto diverso permitió consolidar un panorama integral del golfo de Tribugá y alimentar la base de datos geográfica del sistema.



Toda esta información se integró en herramientas de acceso abierto que facilitan la consulta y socialización de los resultados:

StoryMaps:

narrativa interactiva que presenta, mediante mapas y contenido multimedia, las experiencias y hallazgos de cada proyecto. Se encuentra disponible en el siguiente código QR:



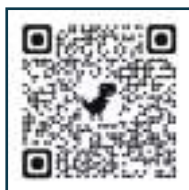
Geoapp:

aplicación geográfica web que proyecta puntos, líneas y polígonos del esfuerzo muestral durante la expedición; está diseñada para difundir a la comunidad los resultados preliminares de la fase de campo. Se encuentra disponible en el siguiente código QR:



Geohub PaSIGfco:

portal que reúne la información de todas las expediciones realizadas desde 2018, convirtiéndose en un repositorio histórico y dinámico del conocimiento generado en el Pacífico colombiano. Se encuentra disponible en el siguiente código QR:



Además, la estandarización bajo el modelo ArcMarine garantiza la interoperabilidad de los datos; esto significa que pueden integrarse fácilmente con otros sistemas nacionales o internacionales de información geoespacial, optimizando la planificación de nuevas campañas científicas, el seguimiento de indicadores ambientales y el fortalecimiento de la gobernanza marina.





El futuro del Pacífico: la importancia de los mapas en la toma de decisiones

Los mapas suelen representar objetos, variables y áreas de una ubicación determinada; en ellos es posible conectar cualquier ciencia con la geografía. Desde 2018, el proyecto PaSIGfco ha recopilado una base de datos geográficos que se articulan como un hilo de conocimiento en un rincón del Pacífico

colombiano, con un propósito: consolidar una herramienta de ciencia aplicada al servicio de la sociedad, que permita difundir conocimiento sobre el Pacífico colombiano de manera clara y accesible; fortalecer la toma de decisiones para la gestión de recursos marino-costeros; y promover la apropiación social del conocimiento mediante la vinculación de comunidades locales, instituciones científicas y autoridades marítimas.

Referencias

- Alexander, A., Steel, D., Slikas, B., Hoekzema, K., Carraher, C., Parks, M., Cronn, R. y Scott Baker, S. (2013). Low Diversity in the Mitogenome of Sperm Whales Revealed by Next-Generation Sequencing. *Genome Biol. Evol.* 5(1):113–129.
- Avila, I. C., Ortega, L. F., Pretel, C., & Mayor, G. (2021). A decade of whale watching in an important tourist destination in the Pacific coast of Colombia: Challenges for proper management. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 16(1), 23–32.
- Balvanera, P., & Cotler, H. (2009). Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos. En *Capital natural de México, Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio* (pp. 185–245). CONABIO.
- Beitl, C. M., Rahimzadeh-Bajgiran, P., Bravo, M., Ortega-Pacheco, D., & Bird, K. (2019). New valuation for defying degradation: Visualizing mangrove forest dynamics and local stewardship with remote sensing in coastal Ecuador. *Geoforum*, 98, 123–132. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.10.024>
- Beltrán-León, B. S., & Ríos, R. (2000). *Estadios tempranos de peces del Pacífico colombiano*. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA).
- Beltrán-León, B. S. (2012). *Análisis de información de primeros estadios de vida de peces del área del Golfo de Tribugá (zona de influencia del PNN Utría), con énfasis en peces de importancia comercial y con miras a ordenamiento pesquero*. WWF-Colombia.
- Berkes, F. & Ross, H. (2013). Community resilience: Toward an integrated approach. *Society & Natural Resources*, 26(1), 5–20. <https://doi.org/10.1080/08941920.2012.736605>
- Boussarie, G., Bakker, J., Wangensteen, O. S., Mariani, S., Bonnin, L., Juhel, J.-B., Kiszka, J. J., Kulbicki, M., Manel, S., Robbins, W. D., Vigliola, L., & Mouillot, D. (2018). Environmental DNA illuminates the dark diversity of sharks. *Science Advances*, 4(5), eaap9661. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aap9661>
- Brandl, S. J., Goatley, C. H., Bellwood, D. R., & Tornabene, L. (2018). The hidden half: ecology and evolution of cryptobenthic fishes on coral reefs. *Biological Reviews*, 93(4), 1846–1873.
- Brandl, S. J., Rasher, D. B., Côté, I. M., Casey, J. M., Darling, E. S., Lefcheck, J. S., & Duffy, J. E. (2019). Coral reef ecosystem functioning: Eight processes and role of biodiversity. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(8), 445–454. <https://doi.org/10.1002/fee.2088>
- Brown, D. J., Shepherd, K. D., Walsh, M. G., Mays, M. D., & Reinsch, T. G. (2006). Global soil characterization with VNIR diffuse reflectance spectroscopy. *Geoderma*, 132 (3–4), 273–290. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.04.025> eng. esoil.ru+2CIFOR-ICRAF+2
- Castellanos-Galindo, G. A., Casella, E., Tavera, H., Zapata Padilla, L. A., & Simard, M. (2021). Structural characteristics of the tallest mangrove forests of the American continent: A comparison of ground-based, drone and radar measurements. *Frontiers In Forests and Global Change*, 4, 732468. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.732468>
- Científicos de la Basura. (s.f.). *Científicos de la Basura*. <https://cientificosdelabasura.ucn.cl/>
- Cooper, M. K., Villacorta-Rath, C., Burrows, D., Jerry, D. R., Carr, L., Barnett, A., Huveneers, C., & Simpfendorfer, C. A. (2022). Practical eDNA sampling methods inferred from particle size distribution and comparison of capture techniques for a Critically Endangered elasmobranch. *Environmental DNA*, 4, 1011–1023. <https://doi.org/10.1002/edn3.279>
- Cohen-Rengifo, M., S. Bessudo y G. Soler. (2009). Echinoderms, Malpelo Fauna and Flora Sanctuary, Colombian Pacific: new reports and distributional issues. *Check List*, 5(3): 702–711.
- Conand, C. (2004). Present status of world sea cucumber resources and utilization: an international overview. 13–24. En A. Lovatelli, C. Conand, S. Purcell, S. Uthicke, J.-F. Hamel y A. Mercier (Eds.). *Advances in sea cucumber aquaculture and management*. FAO Fisheries Technical Paper. No. 463. Rome, FAO.
- Conde J.E., Sambrano, A., & Díaz, H. (1995) Sedimentivorous activity, density and spatial distribution of the deposit. *Holothuria mexicana* Ludwig and *Isostichopus badionotus* Selenka. Unpublished report. Distrito Federal, Caracas, Venezuela.
- Consejo Comunitario General “Los Riscasles”. (2007). *Plan de etnodesarrollo: Visión de vida de las comunidades negras del Golfo de Tribugá 2007–2020*. Nuquí, Colombia.
- Costanza, R., d’Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O’Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., & van den Belt, M. (1997). The value of the world’s ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253–260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
- Chowdhury, R., Uchida, E., Chen, L., Osorio, V., & Yoder, L. (2017). Anthropogenic drivers of mangrove loss: Geographic patterns and implications for livelihoods. En V. Rivera, S. Lee, E. Kristensen, & R. Twilley (Eds.), *Mangrove ecosystems: A global biogeographic perspective, structure, function, and services*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62206-4_13

- Chuvieco, E. (2010). *Teledetección ambiental: La observación de la Tierra desde el espacio*. Ariel Ciencia.
- Delvalle, D., Garces, O., Fabrega, J., & Amara, S. (2020). *Distribution of plastic debris in the Pacific and Caribbean beaches of Panama*. <https://doi.org/10.1177/1178622120920268>
- Donato, D., Kauffman, B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., & Kanninen, M. (2011). Mangroves among the most carbon rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*, 4(5), 293–297. <https://doi.org/10.1038/ngeo1123>
- Done, T. J., Roelfsema, C. M., Harvey, A., Schuller, L., Hill, J., Schläppy, M., Lea, A., Bauer-Civiello, A., & Loder, J. (2017). Reliability and utility of citizen science reef monitoring data collected by Reef Check Australia, 2002–2015. *Marine Pollution Bulletin*, 117 (1–2), 148–155. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.054>
- Do Valle, A. L., & Melo, F. C. C. (2006). Alterações comportamentais do golfinho *Sotalia guianensis* (Gervais, 1853) provocadas por embarcações. *Biotemas*, 19(1), 75–80.
- Duncan, C., Owen, H. J. F., Thompson, J. R., Koldewey, H. J., Primavera, J. H., & Pettorelli, N. (2018). Satellite remote sensing to monitor mangrove forest resilience and resistance to sea level rise. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(8), 1837–1852. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12923>
- Dunn, N., Ward, S., Barker, J., Davies, J., Davies, S., Wray, B., Robins, P., Apetroaie, I., Williams, J., Hopkins, K. and Curnick, D. (2025). Revealing Elasmobranch Distributions in Turbid Coastal Waters: Insights From Environmental DNA and Particle Tracking. *Ecology and Evolution*, 15: e70857. <https://doi.org/10.1002/ece3.70857>
- European Space Agency (ESA). (2023). *Welcome to the Copernicus Open Access Hub*. Recuperado el 12 de julio de 2023 de <https://scihub.copernicus.eu/>
- Erdas. (2009). *ERDAS field guide* (5ª ed., rev. y ampl.). Recuperado el 20 de junio de 2023 de https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/GEOL130/ERDAS_FieldGuide.pdf
- Faure, N., Jiménez-Alvarado, D., González, J. A., & Jiménez, S. (2023). An environmental DNA assay for the detection of critically endangered angel sharks (*Squatina* spp.). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 33(6), 634–643. <https://doi.org/10.1002/aqc.3920>
- Fezzi, C., Ford, D. J., & Olsen, K. L. L. (2023). The economic value of coral reefs Climate change impacts and spatial targeting of restoration measures. *Ecological Economics*, 203, 107628. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107628>
- Fiori, S. (2005). *Diseño industrial sustentable: Una mirada desde las ciencias sociales*. Editorial Nobuko.
- Frieler, K., Meinshausen, M., Golly, A., Mengel, M., Lebek, K., Donner, S. D., & Hoegh-Guldberg, O. (2013). Limiting global warming to 2 °C is unlikely to save most coral reefs. *Nature Climate Change*, 3(2), 165–170. <https://doi.org/10.1038/nclimate1674>
- Flórez-González, L., & Capella, J. (1995). *Mamíferos acuáticos de Colombia: Una revisión y nuevas observaciones sobre su presencia, estado del conocimiento y conservación* (Informe del Museo del Mar, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, No. 39, pp. 1–29).
- Flórez-González, L., Ávila, I. C., Capella, J., Falk, P. F., Félix, F., Gibbons, J., Guzmán, H., Herrera, J. C., Peña, V., Santillán, L., Tobón, I. C., & Van Waerebeek, K. (2007). *Estrategia para la conservación de la ballena jorobada del Pacífico Sudeste: Lineamientos de un plan regional e iniciativas nacionales* (106 pp.). Fundación Yubarta.
- García, M., & Salgado, F. (2007). *Reciclado de PET, alternativas de comercialización: Metodología aplicada al diseño industrial*. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires.
- García, C., Tavera-Escobar, H., Vieira, C., Rincón, C., & Rentería, E. (2014). Fostering ethno-territorial autonomy: A Colombian case study of community-based conservation of mangroves. *Journal of Latin American Geography*, 13(2), 117–152. <https://doi.org/10.1353/lag.2014.0019>
- Gibson, R. N. (2003). Go with the flow: Tidal migration in marine animals. *Hydrobiologia*, 503, 153–161. <https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000008488.33614.62>
- Giri, C., Ochieng, E., Tieszen, L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T., Masek, J., & Duke, N. (2011). Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, 20(1), 154–159. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00584.x>
- Girón-Castaño, L. V., Vallejo, A. C., Avila, I. C., & Giraldo, A. (2025). Interactions between tourism vessels and humpback whales in the Gulf of Tribugá, Colombia. In *Oceans* (Vol. 6, No. 4, p. 67). MDPI.
- Gómez-Cubillos, C., Licero, L., Perdomo, L., Rodríguez, A., Romero, D., Ballesteros-Contreras, D., Gómez-López, D. I., Melo, A., Chasqui, L., Ocampo, M. A., Alonso, D., García, J., Peña, C., Bastidas, M., & Ricaurte, C. (2015). *Portafolio "Áreas de arrecifes de coral, pastos marinos, playas de arena y manglares con potencial de restauración en Colombia"* (Serie de Publicaciones Generales del INVEMAR No. 79). INVEMAR.

- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- Glockner, A. (2014). *Ecología poblacional y pesquería del pepino de mar Isostichopus fuscus en Bahía de los Ángeles, Baja California, México*. Tesis Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.
- Guevara, C.E., Cantera, J.R., Cortés F.A. & Mejía-Ladino L.M. (2012). *Macrofauna bentónica asociada a los fondos sumergidos de Bahía Málaga, Pacífico Colombiano*. Academia.edu.
- Hearn, A., Martínez P., Toral-Granda, M.V., Murillo J.C. & Polovina J. (2005). Population dynamics of the exploited sea cucumber *Isostichopus fuscus* in the western Galápagos Islands, Ecuador. *Fisheries Oceanography*, 14(5) 377–385. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2419.2005.00342.x>
- Helfman, G. S., Collette, B. B., Facey, D. E., & Bowen, B. W. (2009). *The diversity of fishes: biology, evolution, and ecology*. John Wiley & Sons.
- Holmlund, C. M., & Hammer, M. (1999). Ecosystem services generated by fish populations. *Ecological economics*, 29(2), 253–268.
- Home Services Resources. (2021). *Characterization of satellite e remote sensing systems*. Satimaging Corporation. <https://www.satimagingcorp.com/services/resources/characterization-of-satellite-remote-sensing-systems/>
- Huxham, M., Brown, A., Diele, K., Kathiresan, K., Nagelkerken, I., & Wanjiru, C. (2017). Mangroves and people: Local ecosystem services in a changing climate. En V. Rivera, S. Lee, E. Kristensen, & R. Twilley (Eds.), *Mangrove ecosystems: A global biogeographic perspective, structure, function, and services* (pp. 245–274). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62206-4_12
- Ibáñez, M., Cano, J., & Pérez, F. (2013). *Metodología para la estimación de carbono en bosque mediterráneo chileno mediante imágenes hiperespectrales* (Tesis de maestría). Recuperado el 18 de julio de 2023 de <https://zaguan.unizar.es/record/12762/files/TAZ-TFM-2013-1024.pdf>
- IDEO. (2015). *Diseño centrado en las personas: Kit de herramientas*. IDEO.org.
- IGAC. (2017). Plataforma de búsqueda del Banco Nacional de Imágenes. *Instituto Geográfico Agustín Codazzi*. Recuperado de <https://igac.gov.co/es/noticias/banco-nacional-de-imagenes-colombia-vista-desde-el-espacio>
- IGAC. (2020). Resolución 471 del 14 de mayo de 2020. *Instituto Geográfico Agustín Codazzi*. <https://www.igac.gov.co/es/contenido/resolucion-471-de-2020>
- Klymus, K. E., Ramos, D. V. R., Thompson, N. L., & Richter, C. A. (2020). Development and testing of species-specific quantitative PCR assays for environmental DNA applications. *Journal of Visualized Experiments*, 159, e61189. <https://doi.org/10.3791/61189>
- Krumme, U., Saint-Paul, U., & Rosenthal, H. (2004). Tidal and diel changes in the structure of a nekton assemblage in small intertidal mangrove creeks in northern Brazil. *Aquatic Living Resources*, 17(3), 215–229. <https://doi.org/10.1051/alr:2004021>
- Krumme, U. (2009). Diel and tidal movements by fish and decapods linking tropical coastal ecosystems. En I. Nagelkerken (Ed.), *Ecological connectivity among tropical coastal ecosystems* (pp. 271–324). Springer. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2406-0_8
- Lacoursière-Roussel, A., Rosabal, M., & Bernatchez, L. (2016). Estimating abundance and biomass from eDNA concentrations: Variability among capture methods and environmental conditions. *Molecular Ecology Resources*, 16(6), 1401–1414. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12508>
- Lee, S. Y., Primavera, J. H., Guebas, F. D., McKee, K., Bosire, J. O., Cannicci, S., Diele, K., Fromard, F., Koedam, N., Marchand, C., Mendelssohn, I., Mukherjee, N., & Record, S. (2014). Ecological role and services of tropical mangrove ecosystems: A reassessment. *Global Ecology and Biogeography*, 23(7), 726–743. <https://doi.org/10.1111/geb.12155>
- Liu, Z., Xu, T., Wang, X., Yang, J., Li, J., Zhang, Y., ... & Zhang, H. (2022). Environmental DNA captures elasmobranch diversity in a temperate marine ecosystem. *Environmental DNA*, 4(4), 830–842. <https://doi.org/10.1002/edn3.290>
- López-Angarita, J., Tilley, A., Hawkins, J. P., Pedraza, C., & Roberts, C. M. (2018). Land use patterns and influences of protected areas on mangroves of the eastern tropical Pacific. *Biological Conservation*, 227, 82–91.
- Max-Neef, M. (1993). *Desarrollo a escala humana: Conceptos, aplicaciones y algunas reflexiones*. Fundación CEPAUR.
- Milton, E. (2009). Field spectroscopy. *Geoinformatics, I*. Recuperado el 18 de julio de 2023 de <https://www.eolss.net/sample-chapters/c01/E6-64-02-02.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Resolución 1407 de 2018: Por la cual se reglamenta la gestión ambiental de los residuos de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio y metal*. <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-1407-de-2018/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). *Actualización del Programa Nacional de Uso Sostenible, Manejo*

- y Conservación de los Ecosistemas de Manglar. Documento borrador. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). *Ley 2232 de 2022: Por medio de la cual se regula la comercialización y entrega de plásticos de un solo uso y se dictan otras disposiciones*. <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/ley-2232-de-2022/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). *Plan de acción nacional para la conservación de los mamíferos acuáticos de Colombia 2022–2035*.
- Miya, M., Sato, Y., Fukunaga, T., Sado, T., Poulsen, J. Y., Sato, K., Minamoto, T., Yamamoto, S., Yamanaka, H., Araki, H., Kondoh, M., & Iwasaki, W. (2015). MiFish, a set of universal PCR primers for metabarcoding environmental DNA from fishes: Detection of more than 230 subtropical marine species. *Royal Society Open Science*, 2(7), 150088. <https://doi.org/10.1098/rsos.150088>
- Muenzel, D., Bani, A., De Brauwier, M., Stewart, E., Djakiman, C., Purnama, R., Yusuf, S., Santoso, P., Hukom, F. D., Struebig, M., Jompa, J., Limmon, G., Dumbrell, A., & Beger, M. (2024). Combining environmental DNA and visual surveys can inform conservation planning for coral reefs. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 121(17), e2307214121. <https://doi.org/10.1073/pnas.2307214121>
- Navas-Camacho, R., Acosta-Chaparro, A., Sánchez-Valencia, L., Vega-Sequeda, J., & Gómez-López, D. I. (2022). *Protocolo para la toma de datos en campo de la Operación Estadística Índice de Condición Tendencia de las Áreas Coralinas de la Plataforma Continental del Caribe y Pacífico Colombianos - OE ICTAC*. INVEMAR. <https://n2t.net/ark:/81239/m9t138>
- Neira, R. & Cantera J.R. (2005). Composición taxonómica y distribución de las asociaciones de equinodermos en los ecosistemas litorales del Pacífico Colombiano. *Rev. Biol. Trop.*, 53(3): 195–206.
- Palacios, M.M. & Muñoz C.G. (2012). Caracterización ecológica de 11 sitios de buceo en el Parque Nacional Natural Gorgona – en el marco del estudio para la determinación de la capacidad de carga turística. The Nature Conservancy, Parques Nacionales Naturales de Colombia y Aviatur.
- Purcell, S.W., Conand, C., Uthicke S. & Byrne M. (2016). Ecological roles of exploited sea cucumbers. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 54: 367–386.
- Prieto Martínez, L., & Castellanos-Galindo, G. A. (2014). *Peces asociados al ecosistema de manglar en el Parque Nacional Natural Sanquianga*. Informe técnico, Programa Marino Costero WWF-Colombia.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2021). *En estado de negligencia: El impacto de la basura marina y la contaminación por plásticos en la justicia ambiental*.
- Ramírez-González, J., N. Moity, Andrade-Vera S. & H. Reyes. (2020). Overexploitation and more than a decade of failed management leads to no recovery of the Galápagos Sea cucumber fishery. *Frontiers in Marine Science*, 7:554314. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.554314>
- Richard, L., Lule, A., Rodríguez, M., Kamal, M., Thomas, N., Asbridge, E., & Kuenzer, C. (2021). Spatial ecology of mangrove forests: A remote sensing perspective. In C. Kuenzer (Ed.), *Mangrove ecosystems: A global biogeographic perspective – Structure, function, and services* (pp. 87–112). Springer.
- Roark, E. B., Guilderson, T. P., Dunbar, R. B., & Ingram, B. L. (2006). Radiocarbon-based ages and growth rates of Hawaiian deep-sea corals. *Marine Ecology Progress Series*, 327, 1–14.
- Rodríguez-Troncoso, A. P., & Tortolero-Langarica, J. D. J. A. (2014). Corales: Organismos base constructores de los ecosistemas arrecifales. En J. L. Cifuentes Lemus & F. G. Cupul Magaña. *Temas sobre investigaciones costeras* (pp. 33–55). Universidad de Guadalajara.
- Rojas, A., Ruíz, C., Diazgranados, M., Polanco, H., & Anderson, R. (2019). Approach to an integral valuation of mangrove's ecosystem services in marine protected area, Colombia Pacific region. *Journal of Environmental Economics and Policy*, 8(3), 221–241. <https://doi.org/10.1080/21606544.2019.1584127>
- Rueda-Montenegro, C., & Beltrán-León, B. S. (1992). Ictioplankton de las familias Clupeidae y Engraulididae en el litoral Pacífico colombiano. En *Memorias del VIII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar y Congreso Centroamericano y del Caribe en Ciencias del Mar* (pp. 741–742).
- Simpfendorfer CA, Kyne PM, Noble TH, Goldsbury J, Basiita RK, Lindsay R, Shields A, Perry C, Jerry DR (2016) Environmental DNA detects Critically Endangered largetooth sawfish in the wild. *Endang Species Res* 30:109–116. <https://doi.org/10.3354/esr00731>
- Solís, C., Vilela, T., Sanín, N., Malky, A., & Gasparinetti, P. (2021). Análisis costo beneficio de los proyectos portuario y vial en Tribugá, Colombia (Documento de trabajo). *Conservation Strategy Fund*. <https://www.conservation-strategy.org/sites/default/files/field-file/ACB%20Tribug%C3%A11.pdf>
- Suarez, H. N., Dy, D. T., & Violanda, R. R. (2015). Density of associated macrofauna of black corals (Anthozoa: Antipatharia) in Jagna, Bohol, Central Philippines. *Philippine Journal of Science*, 144(2), 107–115.
- Scheidat, M., Castro, C., Gonzalez, J., & Williams, R. (2004). Behavioural responses of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to whalewatching boats near Isla de la Plata, Machalilla National Park, Ecuador. *Journal of Cetacean Research and Management*, 6(1), 63–68.

- Spear, M. J., Embke, H. S., Krysan, P. J., & Vander Zanden, M. J. (2021). Application of eDNA as a tool for assessing fish population abundance. *Environmental DNA*, 3(1), 83–91. <https://doi.org/10.1002/edn3.141>
- Toral-Granda, V. (2005). Requiem for the Galápagos sea cucumber fishery? *SPC Beche-de-mer Information Bulletin*, 21, 5–8.
- Treviño, M., & Murillo-Sandoval, P. J. (2021). Uneven consequences: Gendered impacts of shrimp aquaculture development on mangrove dependent communities. *Ocean and Coastal Management*, 210, 105688. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105688>
- Trujillo, F., Gärtner, A., Caicedo, D., & Diazgranados, M. C. (Eds.). (2013). *Diagnóstico del estado de conocimiento y conservación de los mamíferos acuáticos en Colombia* (312 pp.). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Fundación Omacha; Conservación Internacional; WWF.
- UNESCO. (2021). *UNESCO Recommendation on Open Science*. Francia: United Nations Educational, Scientific and Cultural.
- United Nations. (2024). *Comité de Expertos sobre la Gestión Mundial de la Información Geoespacial, Informe sobre el 14º período de sesiones*. New York: UN Consejo Económico y Social.
- U.S. Geological Survey (USGS). (2012). *Earth Explorer*. Recuperado el 6 de julio de 2023 de <https://www.usgs.gov/educational-resources/earth-explorer>
- Uthicke, S., & Benzie, J. A. H. (2000). Effect of beche-de-mer fishing on densities and size structure of *Holothuria nobilis* (Echinodermata: Holothuriodea) populations on the Great Barrier Reef. *Coral Reefs*, 19(2), 107–116.
- Vargas-Ochoa, A. F., & Ramírez-Gallego, C. (2008). Caracterización estructural de formaciones coralinas en la ensenada de Utría. *Gestión y Ambiente*, 11(3), 7–16.
- Vieira-Betancourt, C. A., Tavera-Escobar, H., Rincón Villafrade, C., Rentería Maturana, E., García Imhof, C., & Murillo Palacios, J. E. (2014). *Plan de manejo de los manglares del Golfo de Tribugá*. Codechocó; Asociación de Consejos Comunitarios General Los Riscals. 106 Pag.
- Wagner, D., Luck, D. G., & Toonen, R. J. (2012). The biology and ecology of black corals (*Cnidaria: Anthozoa: Hexacorallia: Antipatharia*). *Advances in Marine Biology*, 63, 67–132.
- Walters, B. B., Rönnbäck, P., Kovacs, J. M., Crona, B., Hussain, S. A., Badola, R., Primavera, J. H., Barbier, E., Dahdouh-Guebas, F., Fonseca, M., Lee, S. Y., Perillo, G. M., & Dahdouh-Guebas, F. (2008). Ethnobiology, socio-economics and management of mangrove forests: A review. *Aquatic Botany*, 89(2), 220–236. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.12.014>
- Wright, D. J., Blongewicz, M. J., Halpin, P. N., & Breman, J. (2007). *Arc Marine: GIS for a blue planet*. ESRI Press.
- WWF International. (2008). *A roadmap for a living planet*. Gland, Switzerland.



▲
Rana cohete
*Andinobates
minutus*



◀
Para más
información
escanee el QR



Cofinanciadores:



Plan Nacional
de Expediciones
Científicas Marinas

PROGRAMA
Pacífico



Comisión
Colombiana
del Océano
CONSTRUYENDO PAÍS MARÍTIMO



**ARMADA
DE COLOMBIA**
Protegemos el azul de la bandera



Ministerio de Defensa Nacional
Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana



**PARQUES NACIONALES
NATURALES DE COLOMBIA**



CODECHOCÓ
Corporación Autónoma Regional
Para el Desarrollo Sostenible del Cauca



CEMarin
Corporación Centro de Investigación
en Maritim Sciences



