

XXI SEMINARIO NACIONAL DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DEL MAR - SENALMAR

SENALMAR

XXI Seminario Nacional
de Ciencias y Tecnologías del Mar

5 al 8 de mayo de 2026, Universidad de Medellín.
Medellín, Antioquia - Colombia

Contenido

Comité coordinador general 4
Comité científico superior..... 5
3. Presentación 7
4. Información general del evento 9
5. Áreas temáticas 10
6.Objetivos 11
7. Premio Vida y Obra 12
8. Homenaje Póstumo 13
9. Instituciones aliadas y patrocinadores.....18
10. Muestra Comercial 19
11. Conferencias magistrales.....21
12. Talleres, franjas institucionales y actividades 25
13. Registro fotográfico.....29



SENALMAR

XXI Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar

5 al 8 de mayo del 2026
Universidad de Medellín

Comité Coordinador General

Secretaría Ejecutiva Comisión Colombiana del Océano

Universidad de Medellín (Sede Anfitriona)

CEMarin

Dirección General Marítima - Dimar

Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla”

Escuela Naval de Suboficiales “ARC Barranquilla”

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andréis” INVEMAR

Observatorio de actividades Marítimas y Portuarias - Universidad de Cartagena

Pontificia Universidad Javeriana

Universidad de Antioquia

Universidad del Atlántico

Universidad del Norte

Universidad del Valle

Universidad Jorge Tadeo Lozano

Universidad Nacional

Universidad Jorge Tadeo Lozano

Universidad del Magdalena

Universidad Militar Nueva Granada

Comité Científico Superior

Coordinador Científico: PhD Rubén Dario Montoya Ramírez

COORDINADORES DE ÁREA

Calidad Ambiental Marina y Costera

Mónica María Zambrano Ortiz, Angela Margarita Moncaleano Niño, Octavio David Galvis Cortés.

Ingenierías y Tecnologías Aplicadas

Andrés Osorio Arias, Rubén Montoya Ramírez, José Payares Varela.

Biodiversidad y Ecosistemas Marinos y Costeros

Gabriel Navas Suárez, Luis Sandoval Londoño, Adolfo Sanjuan Muñoz, Paulo Tigreros Benavides, Edgardo Londoño Cruz.

Valoración y Aprovechamiento Sostenible de Recursos

Mabel Mendoza Rivera, Luis Montoya, David Peña García.

Gestión, Marcos Legales y Gobernanza de zonas marino - costeras

Celene Milanés Batista, Hugo Guerrero, Jaime López, Fernando Afanador.

Oceanología y Climatología

Oscar Álvarez Silva, Mario Conde Frías, Vladimir Toro Valencia.

Cultura y Educación Ambiental Marino Costera

Yaneth Vivas, Johana Herrera, Mariano Torres

SENALMAR

XXI Seminario Nacional
de Ciencias y Tecnologías del Mar

Sede Anfitriona:

Universidad de Medellín
Ciencia y Libertad

Entidades oganizadoras:

Defensa

ARMADA DE COLOMBIA

Ministerio de Defensa Nacional
Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

UTADEO

UNIVERSIDAD DEL NORTE

Universidad del Atlántico

Universidad de Cartagena
Fundada en 1827

Observatorio de Actividades Marítimas y Portuarias

Pontificia Universidad JAVERIANA
Colombia

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Universidad del Valle

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

invimar

CEMarin
Corporation Center of Excellence in Marine Sciences

2021 2030 Decenio de las Naciones Unidas de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible

Comisión Colombiana del Océano
CONSTRUYENDO PAÍS MARÍTIMO

Aliados:

RAPIDO OCHOA
Transportamos tus ilusiones

SIOCÉANOS
Red Colombiana de Semilleros de Investigación del Océano

ARTE BAJO EL MAR

iTECH
APOYO INTERACTIVO

FUNDACIÓN YUBARTA

Colegio de la Compañía de María
LA ENSEÑANZA - MEDELLÍN

METRO DE MEDELLÍN
CALIDAD DE VIDA

Alcaldía de Medellín
Distrito de
Ciencia, Tecnología e Innovación

Apoya:
GREATER MEDELLIN CONVENTION & VISITORS BUREAU

Agenda del Mar®

Patrocinadores:

BANCO DE LA REPÚBLICA COLOMBIA

FUNDACIÓN MALPELO Y OTROS ECOSISTEMAS MARINOS COLOMBIA

AGUAS DE BOGOTÁ S.A. E.S.P.

MARDIQUE
SOCIEDAD PORTUARIA

CEMarin
Corporation Center of Excellence in Marine Sciences

eduardoño
Manda en Servicio

3. Presentación

Cada edición del Seminario Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar – SENALMAR representa un nuevo paso en la consolidación del conocimiento científico y tecnológico sobre los océanos de Colombia, fortaleciendo el compromiso de la comunidad académica, el Estado, el sector productivo y la sociedad con la investigación, la innovación y el desarrollo sostenible del territorio marítimo nacional. Estas memorias reflejan ese esfuerzo colectivo y evidencian el papel de la ciencia como una herramienta fundamental para comprender, proteger y aprovechar responsablemente nuestros ecosistemas marinos y costeros.

Del 5 al 8 de mayo de 2026, la Universidad de Medellín fue sede de la XXI versión de SENALMAR, ratificando este encuentro como el principal escenario nacional para el intercambio de conocimientos, experiencias y avances en las ciencias del mar. Durante cuatro días, investigadores, docentes, estudiantes, entidades públicas, empresas, organizaciones y expertos nacionales e internacionales compartieron resultados, promovieron alianzas estratégicas y generaron espacios de diálogo orientados a responder los desafíos actuales de los océanos.

La participación alcanzada en esta edición demuestra el fortalecimiento y crecimiento continuo del seminario: se presentaron 270 trabajos científicos, de los cuales 199 correspondieron a la modalidad oral y 71 a modalidad póster, además de contar con la asistencia de 469 participantes provenientes de diferentes regiones de Colombia y del mundo. La presencia de investigadores, académicos y profesionales de Ecuador, Japón, México, Suecia y Venezuela reafirmó el alcance internacional de SENALMAR, consolidándolo como un escenario de referencia para el intercambio de conocimientos, la cooperación científica y la construcción de redes académicas en torno a las ciencias del mar. Esta diversidad de nacionalidades evidencia el posicionamiento que el seminario ha alcanzado más allá de las fronteras nacionales, proyectándose como un espacio de integración regional e internacional que promueve el diálogo interdisciplinario, impulsa la innovación y fortalece la colaboración entre instituciones comprometidas con el desarrollo sostenible de los océanos.

Uno de los aspectos más significativos de esta versión fue su apuesta por acercar la ciencia a la sociedad e inspirar nuevas generaciones de investigadores. En este propósito, Senalmar al Colegio se consolidó como una iniciativa emblemática al brindar a 230 niños de instituciones educativas locales una experiencia de aprendizaje y descubrimiento en torno al océano, sus recursos y las oportunidades que ofrece para el futuro del país.

La interacción entre estudiantes y científicos, el intercambio de preguntas, experimentos y experiencias permitió demostrar que la cultura oceánica se fortalece cuando el conocimiento trasciende los espacios académicos y se convierte en una vivencia cercana, participativa e inspiradora. Cada actividad desarrollada sembró en estos jóvenes la curiosidad por la investigación y el interés por contribuir a la protección y el aprovechamiento sostenible del patrimonio marítimo colombiano.

Las páginas que conforman estas memorias reúnen el trabajo de una comunidad científica que, desde diferentes disciplinas, aporta evidencia, innovación y propuestas para comprender mejor nuestros mares y enfrentar los retos ambientales, sociales y tecnológicos del presente. Cada artículo, ponencia y experiencia aquí recopilados constituye un valioso aporte para el fortalecimiento de las ciencias marinas y para la consolidación de Colombia como una nación con una clara vocación marítima.

Más que un registro de los avances presentados durante la XXI versión de SENALMAR, este compendio es una invitación permanente a fortalecer la articulación entre la academia, el Estado, el sector productivo y la ciudadanía; a impulsar la investigación y la innovación como motores del desarrollo; y a seguir formando generaciones capaces de reconocer en el océano una fuente de conocimiento, identidad y oportunidades.

Porque cada investigación compartida, cada alianza construida, cada uno de los 270 trabajos presentados, los 469 asistentes que hicieron posible este encuentro y los 230 niños que descubrieron el mar desde la ciencia representan un paso firme hacia una Colombia más consciente de su vocación marítima, más comprometida con la sostenibilidad de sus océanos y más decidida a convertir el conocimiento en un instrumento de transformación para las generaciones presentes y futuras.

Contralmirante DARÍO EDUARDO SANABRIA GAITÁN
Secretario Ejecutivo Comisión Colombiana del Océano
Presidente del Comité Coordinador General

4. Información general del evento

Historia del evento

El Seminario Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar – **SENALMAR** es el encuentro académico más importante de Colombia en el ámbito de las ciencias marinas y costeras. Desde su primera edición en 1969, se ha consolidado como un espacio bienal de referencia para la generación, intercambio y divulgación del conocimiento científico, reuniendo a investigadores, docentes, estudiantes, profesionales, entidades públicas, empresas y organizaciones comprometidas con el desarrollo sostenible de los océanos.

Durante más de cinco décadas, SENALMAR ha sido un escenario para la presentación de investigaciones, el intercambio de experiencias y la construcción de redes de cooperación que fortalecen el avance de las ciencias y tecnologías del mar en el país. La agenda académica del evento está conformada por ponencias orales, presentaciones en modalidad póster, conferencias magistrales, paneles de expertos y espacios de diálogo interdisciplinario, donde los protagonistas son quienes, desde distintas regiones de Colombia, generan conocimiento e innovación para comprender y proteger nuestros ecosistemas marinos y costeros.

Cada trabajo presentado es sometido a un riguroso proceso de evaluación por parte del Comité Científico Superior, integrado por especialistas de reconocidas instituciones nacionales, garantizando la calidad académica y la pertinencia de los contenidos que hacen parte del seminario.

A lo largo de su trayectoria, SENALMAR ha recorrido diversas ciudades del país, permitiendo que cada sede aporte una visión regional a los desafíos y oportunidades de los territorios marino-costeros, promoviendo la articulación entre la academia, el Estado, el sector productivo y la sociedad.

La XXI versión, realizada del 5 al 8 de mayo de 2026 en la Universidad de Medellín, reafirmó este compromiso incorporando una mirada innovadora hacia la apropiación social del conocimiento mediante Senalmar al Colegio, iniciativa que acercó la ciencia marina a niños y jóvenes de instituciones educativas locales, despertando su curiosidad, creatividad y vocación investigativa a través de experiencias lúdicas, científicas e interactivas. De esta manera, SENALMAR continúa proyectándose como un escenario que no solo divulga conocimiento, sino que inspira a las nuevas generaciones a construir el futuro de las ciencias del mar en Colombia.

5. Áreas temáticas

La programación académica de SENALMAR 2026 se desarrolló alrededor de siete áreas temáticas que reflejan los principales desafíos y oportunidades para el desarrollo sostenible de los ecosistemas marinos y costeros del país:

- **Calidad Ambiental Marina y Costera:** investigaciones orientadas al monitoreo, evaluación y conservación de la calidad de los ecosistemas marinos frente a las presiones naturales.
- **Ingenierías y Tecnologías Aplicadas:** desarrollo de herramientas, metodologías e innovaciones tecnológicas para el estudio, aprovechamiento y gestión del territorio marítimo.
- **Biodiversidad y Ecosistemas Marino-Costeros:** conocimiento, conservación y manejo de la diversidad biológica y de los servicios ecosistémicos asociados a ambientes marinos y costeros.
- **Valoración y Aprovechamiento Sostenible de Recursos Marino-Costeros:** estudios enfocados en el uso responsable de los recursos naturales, la economía azul y el desarrollo sostenible.
- **Gestión, Marcos Legales y Gobernanza de Zonas Marino-Costeras:** análisis de políticas públicas, planificación territorial, instrumentos de gestión y participación para la administración integral de los espacios marinos.
- **Oceanología y Climatología:** investigaciones sobre procesos físicos, químicos y biológicos del océano, así como su relación con la variabilidad y el cambio climático.
- **Cultura y Educación Ambiental Marino-Costera:** estrategias para fortalecer la cultura oceánica, la apropiación social del conocimiento y la participación ciudadana en la protección de los mares.

6.Objetivos

SENALMAR XXI - 2026 tuvo como propósito consolidar un espacio nacional de encuentro para la divulgación científica, el intercambio de conocimientos y la articulación interinstitucional en torno a las ciencias y tecnologías del mar. De manera específica, el seminario buscó:

- Promover la presentación y difusión de investigaciones científicas y desarrollos tecnológicos relacionados con los ecosistemas marinos y costeros.
- Fortalecer la cooperación entre la academia, las entidades gubernamentales, el sector productivo y las organizaciones de la sociedad civil.
- Impulsar el diálogo interdisciplinario para la construcción de soluciones frente a los retos ambientales, sociales y económicos asociados al territorio marítimo colombiano.
- Fomentar la innovación, la cultura oceánica y la apropiación social del conocimiento como herramientas para el desarrollo sostenible.
- Inspirar a niños, jóvenes y estudiantes mediante la iniciativa Senalmar al Colegio, promoviendo el interés por la investigación científica y el reconocimiento de Colombia como una nación marítima.

7. Premio Vida y Obra

La ceremonia de entrega del Premio “Vida y Obra” se llevó a cabo el martes 5 de mayo de 2026, durante el acto de inauguración, en el auditorio del bloque administrativo Héctor Ospina Botero de la Universidad de Medellín, con la presentación por parte del doctor Andrés Franco, representante de la Universidad Jorge Tadeo Lozano y la participación de los miembros del Comité Coordinador General, Comité Científico Superior, patrocinadores, aliados, ponentes magistrales e invitados especiales.

En esta versión XXI del Seminario, el Premio le fue otorgado al Doctor Francisco Armando Arias Isaza, Director de INVEMAR, en reconocimiento a su trayectoria de excelencia por la ciencia y la conservación marina. Su dedicación a la investigación ha ampliado los horizontes del país y nuevas generaciones, enriqueciendo la comprensión de los ecosistemas marinos y contribuyendo a la formulación de políticas públicas más sostenibles.



8. Homenaje Póstumo

En el programa de inauguración del evento se destinó un espacio para rendir un sentido homenaje póstumo, cargado de respeto, gratitud y reconocimiento, a aquellas personalidades que dedicaron su vida al fortalecimiento de las ciencias del mar y que hoy no nos acompañan. Este momento permitió exaltar su invaluable aporte, sus investigaciones, enseñanzas y compromiso con el conocimiento del océano, reconociendo el legado que dejaron en la comunidad científica, académica y marítima del país. A través de este homenaje, SENALMAR destacó la importancia de mantener viva la memoria de quienes con su trabajo contribuyeron al desarrollo de las ciencias marinas y dejaron una huella permanente en las nuevas generaciones.



1. El profesor Iván Darío Correa Arango es recordado no solo por su destacada trayectoria en la geología marina, sino por su cercanía humana y su forma apasionada de enseñar. Entre los recuerdos que sobresalen está su capacidad de conectar el conocimiento científico con la vida cotidiana y con las comunidades costeras, abordando los problemas con sencillez y sentido humano. Una anécdota que refleja su personalidad es cuando, al ser preguntado por una vocación alternativa, respondió que le habría gustado ser músico, imaginando una vida tocando batería o guitarra eléctrica, lo que evidencia su sensibilidad y pasión más allá de la ciencia. Sus estudiantes y colegas evocan su manera de compartir saberes, “llenando bolsillos de conocimiento” y dejando aprendizajes que trascendían el aula.

Su legado se consolida en el campo de la geomorfología costera, donde sus investigaciones sentaron bases fundamentales para comprender fenómenos como la erosión litoral, los riesgos geológicos y los impactos del cambio ambiental en las costas

colombianas. Más allá de sus numerosas publicaciones y proyectos, se le reconoce como formador de generaciones, líder de grupos de investigación y un referente en la comprensión del territorio entre la tierra y el mar. Su trabajo dejó no solo avances científicos, sino herramientas para la toma de decisiones y soluciones sostenibles, posicionándolo como una figura clave cuya huella permanece en la academia, en sus estudiantes y en la gestión del riesgo y desarrollo costero del país.



2. Patricia Eugenia Falk Fernández fue egresada de la Universidad del Valle, con especialización en Gestión Ambiental, y adelantó estudios en Comunicación para la Educación Ambiental y en Biología de la Conservación Acuática. A lo largo de más de treinta años de trayectoria, aportó de manera rigurosa y generosa como investigadora en diversos grupos de aves y mamíferos acuáticos, y como coordinadora de estrategias de educación y acción social orientadas a fortalecer la relación entre las comunidades y la naturaleza, promoviendo actitudes de respeto, valoración y cuidado del medio ambiente.

Su legado profesional y humano permanecerá como referente de compromiso ético, sensibilidad social y amor por la vida y la biodiversidad.



3.Capitán de Navío Alex Fernando Ferrero Ronquillo Oceanógrafo Físico, Especialista en Alta Gerencia y Magíster en Inspección de Buques, nuevas construcciones y buques en servicio, con experiencia de 33 años en la Armada Nacional y la Dirección General Marítima. Su campo de desarrollo fue la administración de proyectos marítimos, la investigación y trabajó por la defensa de los intereses marítimos de Colombia. Se desempeñó en la Dirección General Marítima en diferentes cargos, desde comandante de Buque ARC Quindío y " ARC Providencia" , encargado de las señalizaciones regionales y a nivel nacional, Capitán de Puerto de San Andrés, Bahía Solano y Buenaventura, Director de Centro de Investigación CIOH, se desempeñó como Agregado de Colombia ante el Reino Unido y Representante Alterno ante la Organización Marítima Internacional, Secretario Ejecutivo de Comisión Colombiana del Océano y Coordinador General de la Dirección General Marítima. Esposo de Mónica Rodríguez, padre consagrado de Samuel, María Lucia, Diego y Paula Ferrero, Oficial de la Armada Nacional de Colombia al servicio de la Dirección General Marítima por 25 años. Zarpó de este mundo el 31 de mayo de 2022.



4. El profesor Efraín Alfonso Rubio Rincón no solo fue un destacado científico, fue una figura profundamente humana dentro de la academia. Más allá de sus logros, se resaltan recuerdos cercanos: su oficina siempre abierta para escuchar a estudiantes, su trato cálido que generaba bienestar, y su icónico Laboratorio de Ictiología —pequeño, con olores característicos— que, pese a las críticas, se convirtió en un espacio de aprendizaje, descubrimiento y construcción de amistades. Allí nacieron vocaciones y se forjaron carreras, guiadas por sus consejos, su paciencia y su genuino interés tanto por la vida académica como personal de quienes lo rodeaban. Era conocido afectuosamente como “profe Efra” o “papá Efra”, reflejo del vínculo cercano que construyó con generaciones de estudiantes.

Su legado trasciende lo científico: es recordado como un formador de personas y un impulsor de la ictiología en Colombia, cuya pasión por los peces y los ecosistemas acuáticos inspiró a numerosos profesionales, que hoy continúan su camino dentro y fuera del país. Su trabajo no solo aportó al conocimiento, sino que buscó impactar la calidad de vida de comunidades, especialmente en la costa pacífica. Queda la imagen de un maestro íntegro, visionario y generoso, cuya huella permanece en la ciencia, en sus estudiantes y en los múltiples recuerdos construidos en aulas, laboratorios y salidas de campo, consolidándolo como un referente humano y académico difícil de igualar.



5. Francisco Rodríguez Prada Oceanógrafo Phd, biólogo marino y maestro incansable, dedicó su vida a comprender y proteger el océano. Formado en la Universidad Jorge Tadeo Lozano, París Sexto, la Universidad de Laval en Quebec y la Universidad de Montreal, consolidó su legado en la Universidad del Valle, donde inspiró generaciones con una devoción absoluta por la pedagogía. Especialista en producción primaria con innombrables publicaciones principalmente sobre el fitoplancton, Investigador pionero del fenómeno del Niño y del cambio climático, cofundador del Museo del Mar y artífice de la Comisión Colombiana de Oceanografía, siempre creyó en la posibilidad de transformar su propio ecosistema. Hablaba del Macroscopio de Joël de Rosnay como una forma de entender el mundo y evocaba los Viajes a la Nueva Granada de Charles Saffray como inspiración para valorar nuestra biodiversidad.

Tras explorar el mundo con su espíritu científico, llegando en particular en expediciones con el equipo de Jacques Cousteau, su mayor anhelo fue impactar su país y sembrar bienestar en su entorno cercano. Su vida fue ejemplo de generosidad, justicia y compromiso. Su esposa Marta, sus hijos Daniel y Fabián, y sus nietos Juan Rafael, Luis Nicolás, Laura María y Ana Cristina lo recordarán siempre como un hombre lleno de amor, cuyo legado perdura en cada estudiante, en cada investigación y en cada rincón donde su vocación dejó huella.

9. Instituciones aliadas y patrocinadores

La realización de la XXI versión de SENALMAR fue posible gracias al trabajo articulado de instituciones académicas, entidades públicas y empresas comprometidas con el fortalecimiento de las ciencias del mar y la cultura oceánica en Colombia.

Como instituciones aliadas, se vincularon el Metro de Medellín, la Fundación Yubarta, el Bureau de Medellín, Transportadora Rápido Ochoa, la Secretaría de Educación de Medellín, Arte Bajo el Mar, el Colegio Rafael Uribe Uribe, el Colegio La Enseñanza de Medellín, el Colegio Santo Domingo Savio, Parques Nacionales Naturales de Colombia y Mar Viva, quienes hicieron posible el desarrollo de actividades académicas, culturales, educativas y de apropiación social del conocimiento, especialmente a través de Senalmar al Colegio.

Asimismo, el evento contó con el respaldo de importantes patrocinadores, entre ellos la Secretaría Ejecutiva de la Comisión Colombiana del Océano, la Universidad de Medellín, la Universidad de Cartagena, la Universidad del Valle, la Universidad de Antioquia, Instalación Portuaria Mardique, Aguas de Bogotá, el Banco de la República a través de su Red de Bibliotecas, CEMarin, Fundación Malpelo, EDUARDOÑO e INVEMAR, instituciones que reafirmaron que el trabajo colaborativo es un elemento fundamental para fortalecer la ciencia marina en Colombia y acercar el conocimiento a la sociedad, promoviendo una visión compartida sobre la importancia de proteger, comprender y valorar nuestro patrimonio marítimo.

10. Muestra Comercial











Como complemento a la agenda académica y científica, la XXI versión de SENALMAR contó con un espacio de muestra comercial e institucional que promovió la interacción entre los asistentes y organizaciones comprometidas con el conocimiento, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los océanos. Este escenario estratégico permitió visibilizar proyectos, iniciativas, productos y servicios, fortaleciendo el relacionamiento entre la academia, el Estado, las organizaciones y el sector productivo.

En este espacio participaron la Comisión Colombiana del Océano (CCO), la Armada Nacional de Colombia (ARC), la Dirección General Marítima (DIMAR), Fundación MarViva, Aguas de Bogotá y Mar Antiguo, entidades que, a través de experiencias interactivas, material divulgativo y actividades de apropiación social del conocimiento, enriquecieron la experiencia de los asistentes y contribuyeron a la difusión de acciones orientadas a la investigación, la innovación y la protección del patrimonio marítimo colombiano.



Imagen 1: Programación académica: Agenda general del evento

11. Conferencias magistrales



1. Charla Inaugural: Un Océano que une: Territorios, Personas y Ciencia, de lo local a lo global para la sostenibilidad. Por: Dr. Ronaldo Christfoletti, Brasil.



2. Charla Magistral: Contaminación química y biológica en la Bahía de Cartagena: Urgen acciones inmediatas. Por: Dr. Jesús Olivero Verbel, Cartagena - Colombia.



3. Charla Magistral: De la parada operativa a la resiliencia portuaria: sistemas de ayuda a la decisión basados en predicción, alerta temprana, seguridad, diseño automatizado a historias de éxito. Por: Dr. Gabriel Díaz, España.



4. Charla Magistral: Retos científicos, jurídicos y sociales de la gestión costera: De la delimitación de espacios a la integración del cambio climático, el riesgo y la co-creación. Por: Dra. Filomena Cardoso Martins, Portugal.



5. Charla Magistral: Predictibilidad de máximos diarios en el nivel del mar y de índices Climáticos. Por: Dr. Arnoldo Valle-Levinson, Estados Unidos.



6. Charla Magistral: Los patrimonios de la pesca artesanal. Valores culturales y educativos, políticos y económicos de la actividad pesquera.
Por: Dr. David Florido del Corral, España.



7. Charla Magistral: Identificación de contaminantes de interés emergente en el medio marino". Por: Dr. Victor Manuel León León, España.



8. Charla Magistral: Dinámica a largo plazo de los arrecifes coralinos de Isla Gorgona: perturbaciones naturales y mecanismos de resiliencia.
Por: Dr. Fernando Alberto Zapata Rivera, Cali – Colombia.



9. Charla evento de clausura: a cargo de Puerto Antioquia.
Por: Dr. Cristian Vaca, Medellín – Colombia.

12. Talleres, franjas institucionales y actividades

Martes 5 de mayo de 2026: En la jornada de la mañana se desarrolló la franja institucional “El mar que compartimos: áreas protegidas, pesca artesanal y resiliencia en el Pacífico chocoano”, organizada por Mar Viva y Parques Nacionales Naturales. Este espacio se consolidó como un escenario de diálogo e intercambio de experiencias que destacó la importancia de la gestión participativa, la conservación de los ecosistemas marinos y el fortalecimiento de las comunidades costeras como ejes fundamentales para el desarrollo sostenible del país









En la jornada de la tarde se realizó la presentación del documental “Colombia Azul”, una producción que visibiliza los esfuerzos de exploración y monitoreo de los ecosistemas de profundidad del Pacífico y del Caribe insular colombiano. A través de imágenes y testimonios, el documental resaltó la riqueza de estos ambientes marinos y transmitió un mensaje sobre la necesidad de promover su conocimiento, conservación y protección como parte del patrimonio natural de la Nación.

Miércoles 6 mayo de 2026: En esta jornada iniciaron las actividades de Senalmar al Colegio, una estrategia orientada a fortalecer la cultura oceánica en las nuevas generaciones mediante experiencias educativas, científicas e interactivas. La programación comenzó con un taller de arte liderado por el artista Mauricio Rocha y la Galería Siete Artes, espacio creativo que invitó a los participantes a reflexionar sobre el impacto de los residuos plásticos en los océanos y la importancia de proteger las especies que habitan estos ecosistemas.



Seguidamente, inició la carrera de observación con el primer grupo de la Institución Educativa Rafael Uribe Uribe, cuyos estudiantes recorrieron siete estaciones temáticas diseñadas para aprender de manera práctica sobre las ciencias del mar. A través de experimentos, dinámicas participativas y actividades lúdicas, los asistentes fortalecieron sus conocimientos sobre el océano, guiados por los semilleristas de SIOcéanos, quienes lideraron cada una de las estaciones.





Paralelamente, abrió sus puertas el Salón de Exposición Científica, donde las estudiantes del Colegio La Enseñanza presentaron doce proyectos de investigación enfocados en el océano y sus ecosistemas, evidenciando el potencial de la investigación escolar como herramienta para la apropiación del conocimiento y la innovación. Este espacio se enriqueció con la participación del Museo Makuriwa del INVEMAR, que permitió a los visitantes conocer de cerca la diversidad de especies marinas, y con la experiencia inmersiva de realidad virtual de Parques Nacionales Naturales, a través de la cual los asistentes exploraron los arrecifes de coral del Caribe y el Pacífico colombiano, promoviendo una mayor sensibilización sobre la riqueza y la conservación del patrimonio marino nacional.





Jueves 8 y viernes 9 se desarrollaron, 3 franjas institucionales lideradas por la Dirección general Marítima, el Banco Mundial y Puerto Antioquia. Así mimo se desarrolló el IV encuentro de la Red de Semilleros SIOcéanos desarrollando el taller: “De lo local a lo global” con la participación del doctor Ronaldo Chirstofoletti y liderado por los asesores del área de educación y del Decenio de la Comisión Colombiana del Océano, Royer Ramírez y Valentina Corrales.

Jueves 8 y viernes 9 se desarrollaron, 3 franjas institucionales lideradas por la Dirección general Marítima, el Banco Mundial y Puerto Antioquia. Así mimo se desarrolló el IV encuentro de la Red de Semilleros SIOcéanos desarrollando el taller: “De lo local a lo global” con la participación del doctor Ronaldo Chirstofoletti y liderado por los asesores del área de educación y del Decenio de la Comisión Colombiana del Océano, Royer Ramírez y Valentina Corrales.













13. Registro fotográfico

















Evento de apertura y clausura
y muestras culturales SENALMAR AL COLEGIO









Entrevista señor Contralmirante Dario Sanabria, Canal Teleantioquia

XXI SEMINARIO NACIONAL DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DEL MAR - SENALMAR



SENALMAR

XXI Seminario Nacional
de Ciencias y Tecnologías del Mar

5 al 8 de mayo de 2026, Universidad de Medellín.
Medellín, Antioquia - Colombia

MEMORIAS



SENALMAR

XXI Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar

5 al 8 de mayo del 2026
Universidad de Medellín

Tabla de contenido

Biodiversidad y Ecosistemas Marinos y Costeros 22

Eco-comunidades: restauración participativa de manglares y su impacto en la productividad pesquera de la Ciénaga Grande de Santa Marta / Eco-communities: participatory mangrove restoration and its impact on fisheries productivity in the Ciénaga Grande de Santa marta* 23

Pérdida de cobertura coralina en los arrecifes coralinos de Colombia en los últimos cinco años. / Loss of coral cover in Colombian coral reefs in the last five years 26

Svenzea zeai y su interacción con corales de isla Rosario-PNNCRSB. / *Svenzea zeai* and its interaction with corals of Rosario island-PNNCRSB. 28

Aportes al conocimiento de las comunidades macrobentónicas del Pacífico Colombiano / Contribution to the knowledge of macrobenthic communities in the Colombia pacific 30

Diversidad del meiobentos marino de profundidad en el Caribe Colombiano / Diversity of deep-sea marine meiobenthos in the Colombian Caribbean 32

ADN ambiental en expediciones bio: revelando la biodiversidad marina oculta del Caribe y Pacífico Colombiano / Environmental DNA in bio expeditions: revealing hidden marine biodiversity of the Colombian Caribbean and Pacific 34

Aislamiento y cultivo de Zooxantelas (*Symbiodiniaceae*) en corales del Caribe colombiano para reinoculación simbiótica. / Isolation and culture of ZOOXANTHEllA (*Symbiodiniaceae*) in corals from the Colombian caribbean for reinoculation processes. 36

Análisis espacial de los manglares como áreas de crianza de peces en el Pacífico Chocoano / Spatial analysis of mangroves as nursery areas for fish along the Chocoan Pacific Coast. 38

Arrecifes del Parque Nacional Natural Tayrona, entre olas de calor e inteligencia artificial / Coral reefs in Tayrona National Natural Park, between heat waves and AI 40

Arribazón inusual del alga roja *ceramium sp.* en playas urbanas de Cartagena, Colombia / Unusual drift of the red alga ceramium sp. on urban beaches of Cartagena, Colombia 42

Biobancos del Museo de Historia Natural Marina de Colombia: plataforma para la conservación de la vida marina / Marine Natural History Museum of Colombia biobanks: a platform for the conservation of ocean biodiversity 44

Biodiversidad y ecosistemas marino costeros monitoreo de valores objeto de conservación, Santuario de Fauna y Flora Malpelo, Pacífico / Monitoring of conservation targets, Malpelo Fauna and Flora Sanctuary, Colombian Pacific 46

Potencial evolutivo del género *Acropora (Scleractinia, Cnidaria)* en el Caribe Colombiano. / Evolutionary potential of the genus *Acropora (Scleractinia, Cnidaria)* in the Colombian Caribbean..... 48

Bioincrustantes no nativos en entornos portuarios: retos para la vigilancia y la investigación científica. /Non-native biofouling in port environments: challenges for monitoring and scientific research 49

Biomasa de Sargassum flotante como compost para restauración de manglar: experiencia en la Reserva de Biosfera Seaflower 51

Cambios temporales en la estructura de tallas de especies pesqueras del Pacífico Chocoano 52

Caracterización de la biodiversidad marina del PNN Bahía Portete-KAURRELE mediante herramientas moleculares / Characterization of marine biodiversity in PNN Bahía Portete-KAURRELE using molecular tools 54

Caracterización de poliquetos asociados a raíces del mangle en Ciénaga de las Quintas, Cartagena, Colombia. / Characterization of polychaetes associated with mangrove roots in ciénaga de las quintas, Cartagena, Colombia. 56

Caracterización ontogénica post-metamórfica, variabilidad alométrica y cambios microestructurales de la estrella *Hemipholis cordifera* (bosc, 1802). / Post-metamorphic ontogenetic characterization, allometric variability, and microstructural changes in the fragile star *Hemipholis cordifera* (bosc, 1802) 58

Caracterización taxonómica de macroalgas epífitas asociadas a raíces de mangle en tierra bomba, Bahía de Cartagena de Indias / Taxonomic characterization of epiphytic macroalgae associated with mangle roots in Tierra Bomba, Cartagena de Indias Bay 60

Caracterización taxonómica de macroalgas epífitas en raíces de mangle, Ciénaga de los Vásquez, Caribe colombiano. / Taxonomic characterization of epiphytic macroalgae on mangrove roots, Ciénaga de los Vásquez, Colombian Caribbean. 62

Colombia impulsa la ciencia biomolecular marina: consolidación y proyección regional de la red lacobon / Colombia promotes marine biomolecular science: consolidation and regional projection of lacobon network..... 64

Comportamiento de forrajeo según el sexo de *Sula brewsteri* en la Isla Gorgona, Pacífico Colombiano / Sex-specific differences in foraging behavior in Sula brewsteri on Gorgona Island, Colombian Pacific. 66

Contribuciones al inventario nacional de briozoos: ambientes mesofóticos del PNN corales de profundidad / Contributions to the national inventory of bryozoans: mesophotic environments of the corales de profundidad national natural park..... 68

Corales someros como semilla para restauración: Una estrategia de adaptación al cambio climático a partir de soluciones basadas en la naturaleza 70

Crisis actual en la taxonomía morfológica: *Tribu Ceramieae* (*rhodophyta*) en Colombia como caso de estudio / Current crisis in morphological taxonomy: The Tribe Ceramieae (*rhodophyta*) in Colombia as a case study 72

Dinámica espacial del ensamblaje de macroalgas en litorales rocosos del departamento de Bolívar, Colombia / Spatial dynamics of macroalgal assemblages on rocky shores of Bolívar department, Colombia..... 74

Dinámica poblacional de *acropora palmata* en San Andrés Isla: tres décadas de monitoreo en la Reserva de Biosfera Seaflower / Population dynamis of *acropora palmata* in San Andrés Island: three decades of monitoring the Seaflower Biosphere Reserve 76

Diversidad genética y estructura poblacional de *acropora palmata* en San Andrés Isla, reserva de Biósfera Seaflower / Genetic diversity and population structure of a*cropora palmata* in San Andrés Island, Seaflower Biosphere Reserve 78

Diversidad y conectividad genética de dos especies de delfines en el Caribe y Pacífico tropical / Genetic diversity and connectivity of two dolphin species in the Caribbean and tropical Pacific 79

Diversidad y conectividad genética del pasto marino *Thalassia testudinum* en el Caribe Colombiano / Genetic Diversity and Connectivity of the Seagrass *Thalassia testudinum* in the Colombian Caribbean81

Diversidad y sucesión ecológica de briozoos: caso de la monoboya valeria, Santa Marta, Colombia / Diversity and ecological succession of bryozoans: the case of the valeria monobuoy, Santa Marta, Colombia..... 83

Dos décadas de investigación: la historia de la exploración marina profunda en Colombia / Two decades of research: the history of deep-sea exploration in Colombia 85

Ecosistemas marino-costeros estratégicos del Pacífico norte chocoano: riqueza oculta revelada / Strategic marine and coastal ecosystems of the northern pacific off the coast of Chocó: hidden treasures unveiled..... 87

Efectos “bottom-up”, “top-down” y “real estate” sobre la comunidad de esponjas arrecifales en Santa Marta, Caribe Colombiano / Bottom-up, top-down, and real estate effects on the Santa Marta reef sponge community, Colombian Caribbean 89

Efectos del polvillo de carbón y sedimentos en el desarrollo temprano de *Diploria Labyrinthiformis, Colpophyllia Natans y Favia Fragum* / Effects of coal dust and sediments on the early development of *Diploria Labyrinthiformis, Colpophyllia Natans y Favia Fragum* 91

El seguimiento a las dinámicas preinvasivas: la expansión de especies introducidas en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia / Monitoring pre-invasive dynamics: the growth of introduced plant species in Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia..... 93

Elaboración de una guía para la identificación de géneros de foraminíferos recientes en Colombia / Development of a guide for the identification of recent foraminifera genera in Colombia 95

Esfuerzos para la conservación del Tiburón Martillo *(Sphyrna lewini)* en Pacífico Colombiano. 97

Estabilización del borde y restauración activa de pastos marinos en Seaflower - Reserva Internacional de Biósfera / Edge stabilization and active seagrass restoration in Seaflower - International Biosphere Reserve 98

Estado de la comunidad coralina en cuatro complejos arrecifales de Seaflower, Caribe Colombiano / Condition of the coral community in four reef complexes of Seaflower, Colombian Caribbean 100

Estado del conocimiento científico del pez león (*Pterois spp*.): un análisis bibliométrico orientado a la identificación de vacíos para el manejo. / State of scientific knowledge of the lionfish (*Pterois spp*.): a bibliometric analysis aimed at identifying gaps in management. 102

Estructura poblacional actual del erizo negro en la isla de San Andrés, Reserva de Biosfera Seaflower / Current population structure of black sea urchin in San Andrés island, Seaflower Biosphere Reserve104

Evaluación de la salud cutánea de cetáceos mediante ciencia comunitaria en el Pacífico Colombiano / Assessment of cetacean skin health using community science in the Colombian Pacific 106

Evaluación de las tasas de crecimiento y sobrevivencia en cultivos de corales bajo condiciones ex situ 108

Evaluación del estado de conservación de praderas submarinas en la República Dominicana / Evaluation of the conservation status of seagrasss in the Dominican Republic 110

Factores que modulan la comunidad de céspedes algales en atolones de La RB Seaflower 112

Frente frío: impacto, evaluación y respuesta en áreas de restauración de Corales con metodología marrs 114

Incidencia de factores externos naturales y antropogénicos que afectan la abundancia del delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*) en el ámbito marino-costero del Pacífico Panameño 116

Índice de vegetación de manglares y morfometría: análisis ecohidrológico de subcuencas en el Caribe Colombiano / Mangrove vegetation index and morphometry: ecohydrological analysis of sub-basins in the Colombian Caribbean 118

Integración del monitoreo molecular como herramienta innovadora para la vigilancia de la biocontaminación en Colombia / Integration of molecular monitoring as an innovative tool for biocontamination surveillance in Colombia 120

Interacciones entre embarcaciones turísticas y ballenas jorobadas: cambios comportamentales y regulación en el Pacífico Colombiano / Interactions between tourism vessels and humpback whales: behavioral responses and regulation in the Colombian Pacific 122

Living labs para la resiliencia costera en el Caribe: resultados preliminares, retos y lecciones aprendidas de los Proyectos innovacuba y costas resilientes..... 124

Macroalgas a la deriva y asociadas al litoral rocoso del departamento de la Guajira, Colombia / Drifting macroalgae and associated with the rocky shore of the department of la Guajira, Colombia 125

Maravillas microscópicas: explorando moluscos planctónicos del Santuario de Fauna y Flora Malpelo / Microscopic wonders: exploring planktonic mollusks in the malpelo fauna and flora sanctuary..... 129

Mas allá de la macromorfología: evidencia integral descifra la diversidad del género Pocillopora (Pacífico colombiano). / Beyond macromorphology: comprehensive evidence reveals the diversity of the genus Pocillopora in the Colombian Pacific. 131

Más allá de los registros biológicos: predicciones espaciales sobre la distribución potencial de especies marinas / Beyond biological records: spatial predictions of the potential distribution of marine species 133

Metodología para el análisis de conectividad en ecosistemas profundos del Pacífico tropical oriental / Methodology for connectivity analysis in deep-sea ecosystems of the tropical eastern pacific..... 134

Monitoreo de la salud de delfines mediante microbiomas: implementación piloto en el Pacífico Colombiano / Microbiome-based health monitoring of dolphins: a pilot implementation in the Colombian Pacific 136

Navegantes ancestrales: seguimiento satelital de dos ejemplares de tortugas marinas en el Caribe Colombiano / Ancient navigators: satellite tracking of two sea turtles in the Colombian Caribbean.. 138

Olas de calor marinas durante el cuarto evento mundial de blanqueamiento coralino y su relación con las tasas de mortalidad en cultivos de corales (Mar Caribe, Colombia) 139

Predicción de la distribución global de tiburones pelágicos en 100 años ante el cambio climático / Prediction of the global distribution of pelagic sharks in a hundred years in the face of climate change 141

Primer registro de reproducción sexual de *Acropora Palmata* en San Andrés Isla, Reserva de Biosfera Seaflower / First report of sexual reproduction in *Acropora Lalmata* in San Andrés Island, Seaflower Biosphere Reserve..... 143

Primer registro del género Phaenocelis (*polycladida: acotylea*) en la región centro sur del Caribe Colombiano / First record of the genus *Phaenocelis* (*polycladida: acotylea*) in the central-southern region of the Colombian Caribbean 145

Procesos ex situ de fecundación, desarrollo larval y sobrevivencia post-asentamiento en corales del Caribe Colombiano / Fertilization processes, larval development and post-settlement survival ex situ in corals of the Colombian Caribbean. 147

Rehabilitación del Caño Las Playitas (vía parque Isla de Salamanca): efectos en sistema hídrico y manglar / Rehabilitation of Caño Las Playitas (vía parque isla de salamanca): effects on the hydrological system and mangroves 149

Respuestas ontogénicas en *Encope michelini*: la temperatura limita el desarrollo temprano, pero no el larval / Divergent ontogenetic responses in *Encope michelini*: temperature limits early development but not larval survival. 151

Comunidades coralinas en Barú: Aproximación al análisis de estabilidad ambiental desde condiciones oceanográficas y geomorfológicas. / Coral communities in Barú: An approach to environmental stability analysis based on oceanographic and geomorphological conditions. 153

Exposición al oleaje y arquitectura radicular modulan la protección costera en Rhizophora Mangle / Wave exposure and root architecture modulate coastal protection in Rhizophora mangle 157

Sobreexplotación pesquera en el Golfo de Salamanca: evidencias desde capturas, esfuerzo y estructura de tallas / Overfishing in the Gulf of Salamanca: evidence from catches, effort and size structure 160

Efecto de la herbivoría de peces y erizos y sus posibles implicaciones en la recuperación de arrecifes coralinos 162

Una revisión de *coscinodiscus ehrenberg.* (*bacillariophyta*) en el Pacífico Colombiano / A review of *coscinodiscus ehrenberg. (bacillariophyta)* in Cololombian Pacific..... 163

Variación anual del arrastre de biomasa de sargassum y diversidad macroalgal asociada en San Andrés, Colombia..... 165

Variación diurna y estacional de la calcificación y el metabolismo de carbono en un banco de rodolitos / Diurnal and seasonal variation in calcification and carbon metabolism in a rhodolith bed 167

Variación espacio-temporal del ensamble de ofiuros en fondos blandos someros del Golfo de Morrosquillo, Colombia / Spatial-temporal variation of the bream assembly in shallow soft bottom bottoms of the Gulf of Morrosquillo, Colombia..... 169

Zonificación vertical y variación estacional de macroalgas asociadas a raíces de manglar en el Golfo de Morrosquillo, Sucre, Caribe Colombiano. 171

Calidad Ambiental Marina y Costera..... 173

Antártica ¿un paraíso de plástico? microplásticos en krill (*Euphausia superba)* / Antarctica, a plastic paradise? microplastics in krill *(Euphausia superba)* 174

Aplicación espaciotemporal del índice de huella humana en la cuenca del Golfo de Morrosquillo, Colombia. / Spatiotemporal application of the human footprint index in el Golfo de Morrosquillo basin, Colombia. 176

Incidencia de metales en el *bivalvo Isognomon alatus* en la Bahía de Cartagena entre 2022-2023 / Incidence of metals in the *bivalve Isognomon alatus* in the Bay of Cartagena between 2022-2023 ... 178

Abundancia de microplástico en *Isognomon alatus* y *Perna viridis* durante época seca en Cartagena Bolivar. / Abundance of microplastics in *Isognomon alatus* and *Perna viridis* during the dry season in Cartagena Bolívar. 180

Calidad del agua superficial del Río Magdalena en el Caribe Colombiano: soluciones futuras para el tratamiento de aguas residuales / Surface water quality of the Magdalena River in the Colombian Caribbean: future solutions for treatment wastewaters. 181

Abstract 181

Introduction 182

Methodology 185

Study area 185

Port description 186

Surface water sampling 187

Analytical procedure 189

Water quality index (WQI) 190

Pollution index (ICOS) 191

Suspended solids pollution index (ICOSUS) 192

Mineralization pollution index (ICOMI) 192

Pollution index by organic matter (ICOMO) 193

Trophic contamination index (ICOTRO) 193

Pollution index by pH (ICOpH) 193

Data analysis 193

Results and discussion 194

Water quality physicochemical parameters 194

Water quality index (WQI) 207

Pollution index (ICOS) 208

Suspended solids contamination index (ICOSUS) 210
Mineralization pollution index (ICOMI) 212
Organic matter pollution index (ICOMO) 214
Trophy contamination index (ICOTRO) 216
pH pollution index (ICOpH) 217
Pollution sources 219
Conclusion 220
Declarations 222
References 222
Caracterización microbiana regulatoria en zonas de recambio de agua de lastre en condición de emergencia en el Mar Caribe Colombiano conforme a la resolución 0247 de 2022 / Regulatory microbial characterization in ballast water exchange areas under emergency conditions in the Colombian Caribbean in accordance with resolution 0247 of 2022 230
Cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) provenientes del transporte marítimo de cabotaje colombiano/ Quantification of greenhouse gas (GHG) emissions from colombian maritime transport. 232
De condiciones prístinas a gradientes antrópicos: un enfoque multivariado para descifrar la calidad del agua en sistemas costeros tropicales / From Pristine Conditions to Anthropogenic Gradients: a Multivariate Approach to Decipher Water Quality in Tropical Coastal Systems 235
Dinámica espacio-temporal de la calidad fisicoquímica del agua en áreas marino-costeras protegidas y perturbadas de Santa Marta / Spatiotemporal dynamics of physicochemical water quality in protected and disturbed marine-coastal areas of Santa Marta 237
Evaluación de alternativas de reciclaje de plásticos en comunidades marino-costeras: caso Tumaco, Pacífico Colombiano / Evaluation of plastic recycling alternatives in marine–coastal communities: the Tumaco case, Colombian Pacific 240
Evaluación de impactos ambientales del manejo de residuos sólidos en ecosistemas estratégicos insulares del Caribe Colombiano / Assessment of Environmental Impacts of Solid Waste Management on Strategic Island Ecosystems of the Colombian Caribbean 242
Evaluación de la relación entre nutrientes y coliformes en cuerpos de agua del sector del Muelle Waffe. Turbo, Antioquia. 244

Evaluación del estado de salud actual del coral abanico de mar *Gorgonia ventalina* (*cnidaria, octocorallia*) en Santa Marta, Colombia / Assessment of the health status of the sea fan *Gorgonia ventalina* (*cnidaria, octocorallia*) in Santa Marta, Colombia 245

Factores de degradación ambiental y sus impactos en ecosistemas marino-costeros del departamento del Atlántico (Colombia) / Environmental degradation factors and their impacts on marine-coastal ecosystems in the Atlantic department (Colombia) 247

Fitoplancton como indicador de la calidad del agua: variabilidad espaciotemporal en áreas marinas protegidas y perturbadas / (Phytoplankton as an indicator of water quality: spatiotemporal variability in protected and disturbed marine areas) 249

Flujo de microplásticos desde el río Magdalena hacia el Mar Caribe: evidencia en sedimentos del delta 251

Identificación de zonas óptimas para la instalación de arrecifes artificiales en la costa del Pacífico Colombiano / Identification of optimal zones for artificial reefs deployment in the Colombian Pacific Coast Subárea temática: corales, arrecifes artificiales 253

Identificación hidroacústica del bocachico (*prochilodus magdalenae*) en aguas someras. / Hydroacoustic identification of bocachico (*prochilodus magdalenae*) in tropical shallow waters. 255

Las algas también se enferman: comunidades microbianas en tejido sano y necrótico de *Lobophora (Dictyotales. Phaeophyceae)* 257

Microalgas como bioindicadores de calidad ambiental en un lago urbano: caracterización ecológica y bioilustración científica / Microalgae as bioindicators of environmental quality in an urban lake: ecological characterization and scientific illustration 258

Microorganismos responsables de la tonalidad rosa en cuerpos de agua de uveros, San Juan de Urabá, Caribe Colombiano. / Microorganisms responsible for the pink tone of uveros water bodies, San Juan de Urabá, Colombian Caribbean. 260

Microplásticos en playas de América Latina: análisis comparativo del abordaje metodológico e institucional / Microplastics on Latin American beaches: a comparative analysis of methodological and institutional approaches 262

Microplásticos en sedimentos costeros del Caribe Colombiano / Microplastics in coastal sediments of the Colombian Caribbean 264

Microplásticos en zonas portuarias: caso de estudio en el Golfo de Morrosquillo (Colombia) / Microplastics in port areas: a case study in the Gulf of Morrosquillo (Colombia) 266

Cultura y educación ambiental marina costera 267

Análisis de alternativas para el manejo de *Hydrilla verticillata* en la Ciénaga Grande de Santa Marta / Evaluation of management alternatives for *Hydrilla verticillata* in Ciénaga Grande de Santa Marta.. 268

Programa de Ingeniería Marino-Costera, Facultad de Ingeniería, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia. 268

Exploración del *fanzine* como herramienta de educación ambiental en la conservación de las tortugas marinas / Exploring the zine as an environmental education tool in sea turtle conservation 269

Arte en movimiento: historia de vida de las tortugas marinas y su conservación en cocomasur / Art in motion: life history of sea turtles and their conservation in cocomasure, relación sociedad-naturaleza / Apropiación territorial (maritorial). 271

Diagnóstico del conocimiento y la conexión oceánica en instituciones educativas del Caribe Colombiano: estrategia escuelas azules / Assessment of knowledge and oceanic connections in educational institutions in the Colombian Caribbean: the blue schools strategy 273

Divulgación de resultados científicos y técnicos más relevantes del programa pimecla / Divulgation of the most relevant scientific and technical results of the pimecla program..... 275

El océano comienza aquí: ruta de cuidado frente al océano. / The ocean begins here: oceanfront care route. 277

Entre ciencia y conservación: impulsando prácticas sostenibles de avistamiento de cetáceos dentro del Parque Nacional Coiba 279

¡Gigantes del Caribe amenazados! Posters educativos para la divulgación del estado de conservación de los mamíferos marinos del Caribe Colombiano 281

Lecturas del paisaje: aproximación semicualitativa a la cartografía histórica para caracterizar la percepción de servicios ecosistémicos en la Ciénaga Grande de Santa Marta (XVIII - XX) / Reading the landscape: a semi-qualitative approach to historical cartography for characterizing the perception of ecosystem services in the Ciénaga Grande de Santa Marta (18th–20th centuries) 284

Ni quietos ni a la deriva: Infancias que cuidan, narran y producen el Maritorio de Barú. 286

Pódcast y conciencia marino-costera: estrategia digital para la cultura oceánica en Colombia / Podcast and coastal awareness: a digital strategy for ocean literacy in Colombia 288

Potencial educativo para la conservación de la biota de Isla la Plata (Bahía Málaga, Colombia)..... 290

Proyecto Palaa: experiencias de cocreación para la conservación del recurso hídrico marino y costero en la media y alta Guajira / Palaa project: co-creation experiences for the conservation of marine and coastal water resources in middle and upper Guajira 292

Señas que conectan con el océano 294

Un viaje con la morena marina: actitudes de conservación del semillero grupo ecológico nueva generación. / A journey with the moray eel: conservation attitudes within the nueva generación ecological group 296
Ingenierías y tecnologías aplicadas 298
Diseños conceptuales de obras verdes para la protección costera del litoral antioqueño / Conceptual designs of green infrastructures for coastal protection of Antioquia coastline 299
Diseños a escala de ingeniería de soluciones basadas en naturaleza para protección costera Golfo Urabá / Engineering-scale designs of nature-based solutions for coastal protection in the Gulf of Urabá 301
Identificación de áreas iniciales para operaciones de búsqueda y rescate marítimo mediante asimilación de datos de boyas de deriva..... 303
Aplicación de sistemas de protección portuaria y costera, evaluación hidrodinámica, transporte de sedimentos y potencial energético a partir de turbinas de corriente marina / Hydrodynamic evaluation, sediment transport, and energy potential from marine current turbines..... 304
Entrenamiento de un modelo de IA para identificación de peces arrecifales del Caribe Colombiano. / Training an artificial intelligence model for reef fish identification in the Colombian Caribbean..... 306
Impacto de la interacción atmósfera-océano en el índice de estrés térmico y su incidencia en el rendimiento físico de los alumnos de la Escuela de Formación de Infantería de Marina 308
Optimización del sistema de información redcam para la gestión de la calidad ambiental marina en Colombia..... 309
Evaluación bidimensional de las condiciones hidrodinámicas de un arrecife artificial sumergido usando el modelo sph 311
Arrecifes híbridos como protección frente a la inundación costera y potencial solución basada en la naturaleza..... 313
Avances en operaciones costa afuera para la adquisición de información oceanográfica y geofísica / Advances in Offshore Operations for the Acquisition of Oceanographic and Geophysical Information 315
Calibración de canal de oleaje para experimentos aplicados a estructuras flotantes en estuarios de baja energía: Ciénaga de Mallorquín. 317
Caracterización y modelación de eventos de inundación compuesta en la Isla de San Andrés, Colombia 318

Cienciateca del agua. Desarrollo Tecnológico e Innovación en la Ciénaga de Mallorquín, Barranquilla-Colombia 320

De la ponencia: Red de sensores acústicos inteligentes, para la determinación de la trayectoria de vehículos marítimos. 324

Desarrollos tecnológicos al servicio del patrimonio cultural sumergido colombiano: recolección de evidencias arqueológicas del naufragio Galeón San José en Cartagena de Indias / Technological developments for the colombian underwater cultural heritage: collection of archaeological evidence from the galeón San José shipwreck in Cartagena de Indias 325

Disipación del oleaje en praderas de pastos marinos: análisis en Reserva Seaflower SAI y Bahía Portete. / Wave dissipation in seagrass meadows: analysis in Seaflower Biosphere Reserve SAI and Bahía Portete. 327

Economía circular y logística inversa en terminales portuarias colombianas: análisis mixto del potencial de valorización y barreras/ Circular economy and reverse logistics in colombian port terminals: a mixed analysis of valorization potential and barriers circular economy and reverse logistics in colombian port terminals: a mixed analysis of valorization potential and barriers 329

Esquema de asimilación de espectros direccionales de oleaje en el Modelo swan para dominios semi-cerrados 333

Neowave: Simulaciones y pruebas iniciales. / Neowave: Simulations and Initial testing. 335

Tendencias tecnológicas en la transformación digital portuaria: una revisión global 337

Oceanología y climatología 338

Variaciones interanuales de precipitación en la cuenca del Río Atrato y su correlación con fenómenos climáticos / Interannual variations of precipitation in Atrato river basin and its correlation with climatic phenomena 339

Dinámica oceanográfica y sedimentaria para la seguridad integral marítima en bahías del Pacífico Colombiano / Oceanographic and sedimentary dynamics for comprehensive maritime safety in Bays of the Colombian Pacific 340

First Detection of a Meteotsunami in the Colombian Caribbean and its Role as a Driver of Coastal Morphodynamics 342

Actualización de la tasa de erosión en el litoral Antioqueño por medio del monitoreo con drones y metodologías de ciencia ciudadana (CoastSnap) 343

Análisis de la concentración de clorofila y su relación con las variaciones estacionales del viento y descargas fluviales en el Golfo de Urabá. 345

Análisis de la geometría de barreras flexibles y permeables para la protección costera / Analysis of the geometry of permeable and flexible barriers for coastal protection. 347

Análisis de la variabilidad espacio-temporal de la shallow light layer en el mar Caribe / Analysis of the spatiotemporal variability of the shallow light layer in the caribbean sea 348

Análisis hidrodinámico intra-mareal del estuario del Río Magdalena / Intra-tidal hydrodynamic analysis of the Magdalena River estuary 350

Análisis regional de la dinámica de la línea de costa en el Golfo de Urabá (Colombia) mediante teledetección entre 1984 y 2025 352

Análisis temporal del carbono orgánico disuelto en estuarios del Caribe Colombiano, con énfasis en el Río Magdalena temporal/ Analysis of dissolved organic carbon of some estuaries in the colombian caribbean - with focus in the Magdalena River..... 353

Modelo batimétrico integrado del Golfo de Urabá y el litoral antioqueño 355

Evaluación espacial de la atenuación del oleaje inducida por un arrecife artificial utilizando un modelo numérico hidrodinámico. 356

Evaluación de las características del agua del Golfo de Urabá a través de la medición de transparencia en el sector de la boya Akuará, municipio de Necoclí (Antioquia) 357

Calibración del modelo wavewatch III bajo distintos regímenes climatológicos en el mar Caribe 358

Análisis comparativo de criterios para la determinación de la línea de costa mediante fotogrametría con drones en Turbo, Antioquia / Comparative analysis of criteria for determining the coastline using drone photogrammetry in Turbo, Antioquia 360

Modelación hidrodinámica y morfodinámica de soluciones de protección costera en el Golfo de Urabá 361

Atenuación del oleaje por manglares del Caribe y Pacífico Colombiano: variabilidad regional y geomórfica / Wave attenuation by mangroves in the Colombian Caribbean and Pacific: regional and geomorphological variability..... 363

Caracterización de las formas del lecho del Estuario del Río Magdalena..... 365

Caracterización de variables meteo-marinas para sitios con diseños de obras verdes. / Characterization of meteorological-marine variables for sites with green works designs. 366

Condiciones anómalas durante la formación y desarrollo de los huracanes Eta e Iota (2020) / Anomalous conditions during the formation and development of hurricanes Eta and Iota (2020)..... 368

Connection between spectral wave systems and sediment transport in a macrotidal beach of the colombian pacific /Conexión entre sistemas espectrales de oleaje y transporte de sedimentos en una playa macromareal del Pacífico Colombiano 369

Desempeño de modelos omip en la estratificación histórica y proyecciones futuras: Caribe y Pacífico Colombiano / Performance of omip models in historical stratification and future projections of the colombian caribbean and pacific..... 371

Detección de frentes térmicos superficiales en la región la Guajira– Magdalena durante el período de máxima surgencia: respuesta al enso mediante el algoritmo GoMoLi y datos / Mur-ghrsst 373

Distribución espacial y concentración de metales traza en sedimentos de la pluma del Río Magdalena / Spatial distribution and trace metal concentrations in sediments from the Magdalena River plume. 375

Efectos de la acidificación en la regeneración de *Eurythoe complanata*, estresor del cambio climático. 377

Efectos de las condiciones climáticas en las dinámicas fisicoquímicas de la Bahía de Pozos Colorados / Effects of climate on physicochemical dynamics in pozos colorados bay 379

Estructura tridimensional y variabilidad temporal de las ondas de calor marinas en el Mar Caribe / Three-dimensional structure and temporal variability of marine heat waves in the caribbean sea.... 381

Evaluación de la variabilidad del aerosol marino bajo los patrones climáticos del Caribe Colombiano / Evaluation of marine aerosol variability under the climate patterns of the Colombian Caribbean. 383

Evaluación geoquímica de los sedimentos estuarinos del Golfo de Urabá (sur del Caribe) en el último milenio..... 385

Gestión del riesgo costero mediante pronóstico operativo de inundación por marejada de tormenta en San Andrés y Providencia / Coastal risk management through operational storm-surge flood forecasting in San Andrés and Providencia 387

Acoplamiento de geoclaw y sfincs para la predicción rápida de inundaciones por tsunamis en la costa del Pacífico Colombiano. / Coupling geoclaw and sfincs for rapid far-field tsunami inundation forecasting on the Colombian Pacific Coast..... 389

Mediciones oceanográficas y sedimentológicas in situ del Pacífico Colombiano: adquisición, procesamiento y divulgación de datos / In situ oceanographic and sedimentological measurements in the Colombian Pacific: data acquisition, processing and dissemination 391

Importancia de la hidrografía antártica para Colombia: resultados batimétricos y valor estratégico para Dimar. 393

Influencia de la geometría deltaica en la estratificación, circulación residual y tiempos de residencia en el estuario del Golfo de Urabá / Influence of deltaic geometry on stratification, residual circulation, and residence times in the gulf of Urabá estuary 395

Infraestructura hidrográfica de referencia vertical: avance en la estandarización de datum de marea en puertos colombianos / Hydrographic vertical reference infrastructure: progress in tidal datum standardization at colombian ports 397

Inteligencia artificial para la predicción de la sobreelevación del nivel del mar asociada al fenómeno el niño en el Pacífico Colombiano / Artificial intelligence for predicting sea-level rise associated with el niño events in the Colombian Pacific 399

Análisis de la variabilidad espacio temporal de la energía del oleaje tipo Sea y Swell en el Caribe Colombiano. 401

Modelado hidrodinámico de la laguna arrecifal de la isla de San Andrés, Reserva de Biosfera Seaflower / Hydrodynamic modeling of the reef lagoon of San Andrés Island, Seaflower Biosphere Reserve 403

Posible evento de tsunami en el Caribe Colombiano generado por un deslizamiento submarino / Possible tsunami event in the Colombian Caribbean generated by a submarine landslide 406

Programa integral para la mitigación y el monitoreo de la erosión costera en el litoral antioqueño (PIMECLA) 407

Pronóstico hidrológico del Río Magdalena como apoyo a la eficiencia operativa del Puerto de Barranquilla / Hydrological forecasting of the Magdalena river in support of operational efficiency at the Port of Barranquilla 409

Propagación de tsunamis río arriba: aproximación al efecto en el transporte de sedimentos y los cambios morfológicos: río Guapi..... 411

Respuesta de la columna de agua al debilitamiento del chorro de Panamá en el Pacífico Colombiano / Response of the water column to the weakening of the Panamá jet in the Colombian Pacific..... 413

Selección y caracterización de zonas offshore para cimentaciones eólicas en el Caribe Colombiano / Selection and characterization of offshore sites for wind foundations in the Colombian Caribbean .. 414

Respuesta del bacterioplancton a intrusiones de aguas moduladas por la surgencia en la Bahía la Herradura, Coquimbo, Chile / Bacterioplankton response to upwelling-modulated water intrusions in la herradura Bay, Coquimbo, Chile..... 416

Spatiotemporal variability of spectral wave systems in the north pacific during enso variabilidad / Espacio-temporal de sistemas espectrales de oleaje en el norte del Océano Pacífico durante enso .. 417

Tránsito de la onda de marea bajo un escenario de clima cambiante / Tidal wave transit under a climate change scenario 419

Variabilidad de foraminíferos planctónicos en la cuenca Tayrona, Guajira offshore / Planctik foramnifera variability in Tayrona basin, Guajira offshore 421

Variabilidad interanual de la zona de mínimo oxígeno (ZMO) en el Océano Pacífico Colombiano..... 423

Variabilidad termohalina en el Pacífico Colombiano: comparación de condiciones oceanográficas durante eventos el niño (2023) y la niña (2024) / Thermohaline variability in the colombian pacific: a comparison of oceanographic conditions during el niño (2023) and la niña (2024) events..... 424

Gestión, marcos legales y gobernanza de zonas marino costeras 426

Las interacciones entre tsunamis y sedimentos amplifican el riesgo costero y modifican la dinámica de las inundaciones en la bahía de Tumaco, Colombia. / Tsunami-sediment interactions amplify coastal hazard and reshape inundation dynamics in Tumaco bay, Colombia..... 427

Planificación espacial marina (Marine Spatial Planning). Ordenamiento marino-costero visión de autoridad marítima omc-vam como herramienta para la gestión sostenible del litoral en la jurisdicción de la capitanía de puerto de Bahía Solano. / Marine-coastal planning: maritime authority vision omc-vam as a tool for the sustainable management of the coastline in the jurisdiction of the port captaincy of bahia solano. 428

"Perspectivas de la ciencia marino-costera: tendencias cienciométricas y del trabajo en redes para la formación doctoral en temas de desarrollo sostenible" / "Perspectives on marine-coastal science: scientometric and networking trends for doctoral training in sustainable development" 430

Plan de manejo del humedal Ramsar Ciénaga Grande de Santa Marta: marco estratégico de conservación..... 432

Gobernanza multinivel y co-manejo intercultural para la conservación de pastos marinos como sumidero de carbono azul en el Caribe colombiano 434

Control y administración de playas y bajamares en el litoral Caribe colombiano. caso: Punta de Piedra, Isla Barú. / Control and management of beaches and intertidal zones on the Colombian Caribbean Litoral. study case: punta de piedra, Barú Island. 436

Plan de Ordenamiento Territorial de Santa Marta: un enfoque prospectivo multiescalar para la gobernanza y la protección marino-costera 438

Acceso y accesibilidad costera en el archipiélago de Galápagos: Una evaluación comparativa en Tres Islas. 439

Análisis de las políticas oceánicas de Colombia: tensiones, capitales y coaliciones (2000-2025) / COLOMBIA'S ocean policies analysis: tensions, capitals and coalitions (2000–2025) 440

Análisis del Vietcong y la guerra informacional: Estrategia de contrainformación frente al ELN..... 442

Aportes de Colombia al protocolo ERFEN: fortalecimiento de la vigilancia climática y consolidación de la plataforma VIOC en el Pacífico Sudeste / COLOMBIA'S contributions to the erfen protocol: strengthening climate monitoring and consolidating the vioc platform in the southeast pacific..... 444

La autoridad marítima colombiana y la infraestructura de datos espaciales marítima, fluvial y costera (IDE-MFC) 446

Ambigüedad regulatoria y pesca ilegal en la Isla de Malpelo: desafíos para la conservación del tiburón martillo en el Pacífico Colombiano..... 448

Big five en Ecuador: un enfoque innovador para una ola de cambio en las estrategias de turismo costero desde el proyecto fivewaves 450

Caracterización socio-territorial participativa sobre la reconversión laboral en Bahía Gairaca: nuevas realidades para pescadores artesanales en el Parque Tayrona/ Preliminary participatory socio-territorial characterization about labor reconversion in Bahia Gairaca: new realities for artisanal fishers in Parque Nacional Natural Tayrona 452

Cartografía para la planificación espacial marina en el litoral del San Juan, Pacífico Colombiano / Cartography for marine spatial planning in the litoral del San juan, Colombian Pacific..... 454

Hacia un atlas del delta del Río San Juan: una construcción colectiva en el Pacífico Colombiano / Towards an atlas of the San Juan river delta: a collective construction in the Colombian Pacific 456

Centro de pensamiento en medios de vida sostenible de comunidades-marino-costeras: investigación, reflexión y política pública / Think tank on sustainable livelihoods of marine-coastal communities: research, reflection and public policy 458

Colombian ocean activity and susceptibility tool - wind / (Coast- wind): una herramienta de apoyo a la decisión para el desarrollo sostenible de la energía eólica marina 460

Conectividad tierra–mar en los manglares del Golfo de Morrosquillo: un enfoque de cuenca / Land-sea connectivity in the mangroves of the Gulf of Morrosquillo: a watershed approach..... 461

¿Dónde termina la arena y comienza la gobernanza?: Desafíos para gestionar sosteniblemente las playas del Caribe Colombiano 463

Ecosistema de políticas públicas marino-costeras y oceánicas en Colombia. Evidencia científica y lecciones aprendidas para la formulación y la exigibilidad. Estudio de caso. 465

El régimen jurídico de las Islas oceánicas colombianas 467

El vacío normativo en la "Colombia anfibia": hacia una soberanía jurídica y ecosistémica en los planes nacionales de desarrollo. / The regulatory void in 'amphibious Colombia': toward juridical and ecosystemic sovereignty in national development plans 469

Escenarios de enfrentamiento al cambio climático: peligros, vulnerabilidades y gestión del riesgo costero ante desastres adaptación climática basada en ciencia y saber local en áreas marinas protegidas del Pacífico chocoano / Climate adaptation based on science and local knowledge in protected areas of the Chocó pacific 471

Escenarios de enfrentamiento al cambio climático: peligros, vulnerabilidades y gestión del riesgo costero ante desastres. Impacto del cambio climático en el Caribe colombiano por ascenso del nivel del mar. caso: litorales de los departamentos de Bolívar y Sucre. / Climate change impact on the Colombian Caribbean due to sea level rise. study case: litoral of Bolivar and Sucre department's..... 473

Espacio acuático como sujeto parte en los accidentes marítimos / The aquatic environment as a contributing factor in maritime accidents..... 475

Evaluación de ciclo de vida de proyectos marinos de energías renovables y su aporte a la gobernanza y sostenibilidad del Caribe colombiano / Governance and sustainability in the colombian caribbean.. 480

Evaluación del riesgo por erosión costera mediante CERA2.0 en el distrito de Santa Marta, Colombia / Assessment using CERA2.0 in the district of Santa Marta, Colombia 482

Efecto potencial de la pesca ilegal sobre el Tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) en Malpelo: una perspectiva desde el Análisis de Viabilidad Poblacional / Potential effect of illegal fishing on the Hammerhead Shark (*Sphyrna lewini*) in Malpelo: a perspective from Population Viability Analysis... 484

Gestión, marcos legales y gobernanza de zonas marino costeras estándares globales y realidades locales: experiencia desde la implementación de la resolución 004 de 2018 / Global standards and local realities: experience from the implementation of resolution 004 of 2018..... 486

Gobernanza colaborativa para la gestión del riesgo en la navegación marítima de Colombia. 488

Gobernanza marítima del riesgo: Estudio de caso huracán Iota. 490

Gobernanza oceánica en Colombia: entre la abundancia de instrumentos y normas y la desconexión institucional..... 492

Gobernanza y gestión del riesgo costero: aplicación del índice sevi en el suroccidente del Caribe colombiano / Coastal governance and risk management: application of the sevi index in the southwestern part of the colombian caribbean 493

Gobernanza y gobernabilidad de los mares y océanos evaluación participativa de la efectividad del manejo en la zona exclusiva de pesca artesanal del Chocó / Participatory assessment of management effectiveness in the exclusive artisanal fishing zone of Chocó..... 495

Gobernanza y gobernabilidad de los mares y océanos gicpa: modelo de gobernanza pesquera territorial para la sostenibilidad de la pesca artesanal / Gicpa: a territorial fisheries governance model for sustainable artisanal fisheries..... 497

Dinámica de sedimentos, erosión costera, sedimentología, sismología y dinámica de litoral, Atlas Geomorfológico del Litoral Pacífico Colombiano / Geomorphological Atlas of the Colombian Pacific Coast 499

Insumos para la gestión del riesgo marino-costero en el litoral de Antioquia 501

Integración geoespacial y calidad de datos antárticos para Colombia 503

Interacción aumento del nivel del mar–tsunami en Colombia: evaluación multiparámetro necesaria del riesgo costero Sea level rise-tsunami / Interaction in Colombia: a necessary multiparameter coastal risk assessment 504

La protección multinivel de los derechos de la gente de mar. 506

Littoral Commander: Impacto en la Formación de Habilidades Navales 508

Mapas de Sensibilidad Ambiental: una herramienta estratégica para la toma de decisiones y la respuesta ante derrames de hidrocarburos en Colombia /Environmental Sensitivity Maps: a strategic tool for decision-making and response to oil spills in Colombia 510

Mapeando el territorio. Diseño de instrumento para metodología participativa en la Ciénaga de Mallorquín, Barranquilla. 512

Más de una década en el Continente Blanco: impacto científico y proyección estratégica de Colombia hacia 2030. 517

Caso: Proyecto ICEMAN-DIMAR 517

Modelo de gestión intersectorial para el manejo y la gestión del Galeón San José: patrimonio cultural sumergido Colombiano / Intersectoral model for the management and governance of the San José Galleon: colombian underwater cultural heritage 519

Monitoreo pesquero participativo como herramienta de ciencia ciudadana y goberanza en la pesca artesanal del Pacífico norte colombiano / Participatory fisheries monitoring as a citizen science and governance tool in small-scale fisheries of the northern colombian pacific 521

Oportunidades de articulación en conservación: línea base integral, Golfo de Tribugá, Pacífico colombiano / Opportunities for conservation articulation: integral baseline, Gulf of Tribugá, colombian pacific 523

Potencial del carbono azul en manglares del Pacífico chocoano: relevancia para la acción climática nacional 525

Soberanía territorial y siniestros marítimos: descentralizando el beneficio del océano para una seguridad técnica regional / Territorial sobreignty and maritime casualties: decentralizing ocean benefits for technical security 527

Soluciones basadas en la naturaleza para proteger la biodiversidad marina y las comunidades costeras afectadas por conflicto armado / Nature-based solutions for protecting marine biodiversity and coastal communities impacted by armed conflict 529

Validación de la gobernanza adaptativa con comunidades para playas turísticas en Colombia en Colombia (GABCO-PLAYTUR)) con el método A.S.A.S. 532

Evaluación de la calidad microbiológica en playas de la Isla San Cristóbal mediante análisis multivariado 534

Zonas de recambio de agua de lastre en Colombia: ciencia y normativa aplicada / Ballast water exchange zones in Colombia: applied science and regulation 536

Valoración y aprovechamiento sostenible de recursos marino costeros 538

Fortalecimiento de asociaciones pesqueras artesanales como estrategia de gobernanza y sostenibilidad en el Pacífico norte colombiano / Strengthening small-scale fisher associations as a governance and sustainability strategy in the northern colombian pacific 539

Dinámica del carbono como indicador de sostenibilidad en manglares bajo aprovechamiento forestal en la Bahía de Cispatá, Caribe colombiano / Carbon dynamics as an indicator of sustainability in mangroves under forest management in Cispatá Bay, colombian caribbean y costeros 541

Estudios sobre metabolitos con actividad fotoprotectora de algas marinas de Colombia 543

Implementación del sistema de documentación de captura para austromerluza (*Dissostichus spp.)* de la comisión para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida (CCRVMA) por parte de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP-Colombia) Herramienta Fundamental para Combatir la Pesca Ilegal, ... 546

No-Declarada y No-Reglamentada (Pesca INDNR) en el Océano Austral 546

Supervivencia y crecimiento de las larvas de la *Piangua anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en diferentes condiciones de cultivo en laboratorio. 548

Empoderamiento de la mujer marítima en Colombia para impulsar la economía azul y la igualdad de género / Women's empowerment in colombia's maritime sector to advance the blue economy and gender equality 549

Potencial mareomotriz por corrientes en la Bahía de Tumaco, Pacífico colombiano / Tidal stream energy potential in Tumaco Bay, colombian pacific 551

Respuestas fisiológicas de *Tripneustes ventricosus* bajo condiciones de hipoxia y normoxia/ Physiological responses of Tripneustes ventricosus under hypoxia and normoxia conditions 552

Pérdidas de alimentos en la pesca artesanal y análisis de género en la cadena de valor: caso Tumaco, Pacífico colombiano / Food losses in artisanal fisheries and gender analysis along the value chain: the case of Tumaco, Colombian Pacific Region 554

Trazabilidad pesquera y sostenibilidad en el litoral Pacífico chocoano, Colombia / Fishing traceability and sustainability on the pacific coast of Chocó, Colombia 556

Briozoos marinos con potencial bioactivo del Caribe colombiano / Marine bryozoans with bioactive potential from the colombian caribbean 558



Biodiversidad y Ecosistemas Marinos y Costeros

Eco-comunidades: restauración participativa de manglares y su impacto en la productividad pesquera de la Ciénaga Grande de Santa Marta / Eco-communities: participatory mangrove restoration and its impact on fisheries productivity in the Ciénaga Grande de Santa marta*

Subtemas: Creación, ampliación y manejo y conectividad de Áreas Marinas y Costeras Protegidas (amcp) y ecosistemas estratégicos para la conservación y aprovechamiento de recursos.

Autores: María Margarita Sierra-Carrillo[1], Diego Andrés Restrepo Leal[1] [1]Facultad de Ingeniería, Universidad Cooperativa de Colombia, Sede Santa Marta, Colombia. (María Margarita Sierra Carrillo hará la presentación oral). Correo de contacto: Mariam.sierra@campusucc.edu.co

Resumen:

La Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), el complejo lagunar-estuarino más extenso del Caribe colombiano, es una Reserva de Biosfera UNESCO y sitio Ramsar de vital importancia. Sin embargo, décadas de alteración hidrológica e hipersalinización han degradado este ecosistema, comprometiendo los servicios ecosistémicos de cría y refugio que el manglar provee a las pesquerías. Desde 2023, en el sector Barravieja, se implementa una iniciativa transdisciplinaria de restauración liderada por mujeres cabeza de hogar y pescadores artesanales, en alianza con la academia y organismos internacionales. Objetivo. Articular el modelo de eco-comunidades de restauración de manglar con el modelo predictivo "Calendario Pesquero" para evaluar los beneficios sobre la producción pesquera artesanal en la CGSM. Materiales y métodos. Bajo el modelo de laboratorios vivos, se establecieron tres viveros comunitarios para la propagación de *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*, integrando el conocimiento tradicional con soporte técnico. La selección de áreas de intervención se realizó mediante cartografía participativa y análisis geoespacial en QGIS. A la fecha, se han intervenido 34,9 hectáreas mediante siembra y rehabilitación hidrológica (reapertura de diez canales). Simultáneamente, se monitorearon variables de producción (composición de capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) y artes de pesca) utilizando bitácoras comunitarias y datos del Sistema de Información Pesquera de INVEMAR (SIPEIN). Resultados. Los viveros se han consolidado como centros de transferencia de conocimiento, fortaleciendo la gobernanza local y el liderazgo femenino. En las áreas intervenidas, se evidencia una recuperación estructural del manglar que correlaciona con un incremento en la presencia y CPUE de especies estuarino-dependientes de alto valor comercial, tales como la lisa *(Mugil incilis*), mojarra rayada (*Eugerres plumieri*), róbalo *(Centropomus undecimalis)* y sábalo (*Megalops atlanticus*). Por consiguiente, se reporta un aumento en las poblaciones de jaiba azul *(Callinectes sapidus)* y ostra de mangle (*Crassostrea*

rhizophorae) asociadas a las raíces de los propágulos restaurados. Discusión. Los hallazgos confirman para la CGSM la relación positiva entre cobertura de manglar y rendimiento pesquero ya documentada en otros sistemas tropicales (Aburto-Oropeza et al., 2008), y validan la transdisciplinariedad y el liderazgo femenino como motores de restauración eficaces. Conclusiones. Las eco-comunidades del manglar constituyen un modelo replicable que articula restauración ecológica, producción pesquera y construcción de tejido social, posicionándose como una solución basada en la naturaleza con respaldo técnico, comunitario e institucional para la sostenibilidad de la pesca artesanal del Caribe colombiano.

Palabras clave: Eco-comunidades, Viveros de manglar, Restauración participativa, Producción pesquera, Ciénaga Grande de Santa Marta.
Keywords: *Eco-communities, Mangrove nurseries, Participatory restoration, Fishery production, Ciénaga Grande de Santa Marta.*

Referencias:

1. Aburto-Oropeza O, Ezcurra E, Danemann G, Valdez V, Murray J, Sala E. Mangroves in the Gulf of California increase fishery yields. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2008;105(30):10456-10459.

2. Aguilera-Díaz MM. Habitantes del agua: el complejo lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional No. 144. Cartagena: Banco de la República; 2011.

3. Altamar J, Correa-Helbrum J, Restrepo-Leal D, Robles-Algarín C. Reconstructed data of landings for the artisanal beach seine fishery in the marine-coastal area of Taganga, Colombian Caribbean Sea. Data in Brief. 2020;30:105604.

4. Blanco JA, Viloria EA, Narváez JC. ENSO and salinity changes in the Ciénaga Grande de Santa Marta coastal lagoon system, Colombian Caribbean. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2006;66(1-2):157-167.

5. INVEMAR. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe Técnico Final 2023. Santa Marta: Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR; 2023. 197 p.

6. Polanía J, Urrego LE, Agudelo CM. Recent advances in understanding Colombian mangroves. Acta Oecologica. 2015;63:82-90.

7. Rivera-Monroy VH, Twilley RR, Mancera-Pineda E, Alcantara-Eguren A, Castañeda-Moya E, Casas-Monroy O, et al. Aventuras y desaventuras en Macondo: rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. Ecotrópicos. 2006;19(2):72-93.

8. Rodríguez-Rodríguez JA. Trayectorias de rehabilitación del bosque de manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta, luego de su reconexión con el río Magdalena [tesis de Maestría en Ciencias-Biología]. Santa Marta: Universidad Nacional de Colombia; 2015.

9. Sánchez-Páez H, Ulloa-Delgado GA, Tavera-Escobar HA. Manejo integral de los manglares por comunidades locales del Caribe de Colombia. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – OIMT; 2005.

10. Vilardy S, González JA, Martín-López B, Montes C. Relationships between hydrological regime and ecosystem services supply in a Caribbean coastal wetland: a social-ecological approach. Hydrological Sciences Journal. 2011;56(8):1423-1435.

Pérdida de cobertura coralina en los arrecifes coralinos de Colombia en los últimos cinco años. / Loss of coral cover in Colombian coral reefs in the last five years

Autores: Raúl Navas Camacho[1], Andrés Acosta-Chaparro[1], Shanly Coneo-Gómez[1] y Laura Sánchez Valencia[1]

[1]Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andréis" INVEMAR, Colombia. (Raúl Navas hará la presentación oral)

Resumen:

Los arrecifes coralinos están siendo deteriorados por factores tanto naturales como antropogénicos. En Colombia, se ha observado este deterioro desde 1998, pero a partir del 2021 el deterioro coralino aumentó en el Pacífico y Caribe a raíz del aumento de la temperatura superficial del mar, un aumento generalizado en la expansión de las enfermedades históricas y emergentes y cambios dramáticos en las mareas extremas del Pacífico. Objetivo: Presentar los resultados de pérdida de cobertura de coral vivo producto del monitoreo del Índice de Condición Tendencia de Arrecifes Coralinos – ICTAC en los arrecifes coralinos de Colombia. Métodos: El ICTAC utiliza dos protocolos para poblar las variables que lo componen, dos de estas son la cobertura de coral vivo y de macroalgas, estimadas mediante el método de punto intercepto, utilizando la red de 95 estaciones permanentes con 5 transectos lineales de 10 m cada una para un total de 475 transectos, la mayoría en áreas marinas protegidas. Resultados: En los últimos años el 100% de las estaciones de monitoreo presentaron disminución de cobertura de tejido vivo coralino por distintas causas, resaltándose la competencia con algas y esponjas, eventos oceanográficos, enfermedades y blanqueamiento como las más relevantes. El blanqueamiento coralino presentado por calentamiento de la temperatura superficial del mar entre el 2023-2024 afectó corales en Pacífico y Caribe, presentándose mortalidad sólo en Malpelo, mientras en todas las estaciones del Caribe causó graves pérdidas especialmente en *Colpophyllia natans, Diploria labyrinthiformis y Orbicella faveolata* entre otras. Las exposiciones aéreas por mareas extremas de los últimos años produjeron pérdidas de hasta un 80% de cobertura en la ensenada de Utría y cerca de un 30% en isla Gorgona. Respecto a las enfermedades, un agente desconocido afectó 10 colonias de *Gardineroseris planulata* en el SFF Malpelo, mientras que, en el Caribe continental la enfermedad de parche amarillo diezmó las poblaciones de especies estructurantes como *Orbicella faveolata, O. annularis*. Discusión: La mayor tolerancia a la temperatura pudo evitar que el blanqueamiento causara un mayor daño en el Pacífico al mismo tiempo que se considera importante entender que ha causado el incremento en intensidad y frecuencia de las exposiciones aéreas en Gorgona y Utría. Por otro lado, si bien está presente el daño, el efecto por enfermedades es aún muy bajo y poco conocido en Pacífico. En el Caribe el blanqueamiento afectó todas las regiones causando grandes pérdidas, salvo en el PNN Tayrona donde las bajas temperaturas de inicios de año (surgencia), permitieron que la

mayoría de los arrecifes pudieran recuperarse. Si bien la enfermedad de pérdida de tejido no ha llegado al continente, las demás enfermedades siguen presentes y en particular el parche amarillo está diezmando las poblaciones de Orbicella spp sin que se tenga mayor conocimiento de cómo actúa. Conclusiones: La pérdida de cobertura coralina en el Pacífico está relacionada con factores oceanográficos, blanqueamiento y enfermedades desconocidas que deben estudiarse. En el Caribe, la prevalencia del parche amarillo y enfermedades históricas, además del blanqueamiento por cambios en la temperatura superficial del mar han incrementado su efecto deletéreo sobre los corales.

Palabras clave: Cobertura coralina, Pacífico, Caribe, deterioro, monitoreo.
Keywords: Coral cover, Pacific, Caribbean, deterioration, monitoring.

Svenzea zeai y su interacción con corales de isla Rosario-PNNCRSB. / *Svenzea zeai* and its interaction with corals of Rosario island-PNNCRSB.

Autores: Raúl Navas Camacho[1] [1]Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andréis" INVEMAR, Colombia. (\ Raúl Navas hará la presentación oral)

Resumen:

Las islas de Pavitos y Rosario se encuentran en el costado sur occidental de isla Grande y reciben los efectos de descarga o "bombazos" del canal del dique, razón para tener una abundante población de esponjas tanto de crecimiento tubular como incrustante, mayor que en las demás islas del Archipiélago de Nuestra Señora del Rosario. Desde 1998 el INVEMAR instaló estaciones de monitoreo en los arrecifes de Isla Tesoro e Isla Pavitos, posteriormente, en 2006 se montaron dos estaciones adicionales en una formación coralina de Isla Rosario, a 8 y 14 metros de profundidad. Hace 10 años se evidenció la presión directa de algunas esponjas sobre los corales de Isla Rosario durante el monitoreo SIMAC y se comenzó a registrar la competencia de estas esponjas y su efecto deletéreo sobre los corales. Se identificaron 4 especies de esponjas afectando diferentes especies de coral (*Svenzea zeai, Ectyoplasia ferox, Mycale laevis, Desmapsamma anchorata* y *Cliona* spp), pero los registros de *Svenzea zeai* compitiendo por espacio con un mayor número de especies de coral fueron cada vez más frecuentes, por lo que el esfuerzo muestreal se enfocó en trabajar solo con S. zeai. Objetivos: Determinar el grado de afectación en términos de número de especies coralinas y colonias por especie con mortalidad causada por la esponja *Svenzea zeai*. Métodos: Evaluación en bandas de 10 × 2 m y buceos errantes en las estaciones del monitoreo, registrando la mayor cantidad posible de colonias por especie de coral siendo afectadas por *S. zeai*. Resultados: A través de los últimos 10 años, el número de especies y colonias por especie coralina afectadas por la interacción con la esponja *S. zeai* ha aumentado, pasando de 8 colonias de 4 especies en 2015 a 76 colonias de 19 especies. Se encontró que la interacción ha estado presente todos los años, y además ha tenido un crecimiento exponencial alcanzando 317 colonias en total. Adicionalmente la esponja *S. zeai* ha pasado de tener un comportamiento más generalista al afectar inicialmente a *Orbicella faveolata*, *Montastraea cavernosa, Pseudodiploria strigosa* y *Porites astreoides* semejante a lo sucedido en Capurganá, a interactuar con 19 especies entre las que resaltan *Colpophyllia natans, Stephanocoenia intercepta* y *Siderastrea siderea*, contenidas en 8 familias que incluyen particularmente a *Millepora complanata*. Discusión: Las formaciones coralinas de Isla Pavitos e Isla Rosario presentan la mayor abundancia y riqueza de esponjas en el PNNCRSB, y en Isla Rosario se presenta especialmente esta competencia de *Svenzea zeai* con especies de coral sin haber llegado, aparentemente, a un límite, afectando de forma equitativa a todas las especies coralinas presentes en la formación arrecifal. Conclusiones: los hábitos de la especie y las condiciones de alta sedimentación de isla Rosario han permitido que S. zeai adquiera un comportamiento generalista por

afectar por competencia directa a 19 especies de coral sin una aparente preferencia taxonómica, en un espacio de cerca de 3000 m2, registrando en un lapso de 10 años, 317 colonias afectadas.

Palabras clave: Islas del Rosario; Cnidarios; Porifera; Competencia; Deterioro, *Svenzea zeai*
Keywords: Cnidarians; Porifera; Competition; Deterioration, Svenzea zeai

Aportes al conocimiento de las comunidades macrobentónicas del Pacífico Colombiano / Contribution to the knowledge of macrobenthic communities in the Colombia pacific

Autores: Estefanía Marín-Pulgarín B.Sc*[1]; Eliana Barrios-Vásquez M.Sc[1]; Daniel Giraldo B.Sc[1]; Karen Murillo-Jiménez B.Sc[1], Jheyson Mercado-Vides B.Sc[1], Javier Vásquez-Acosta B.Sc[1]; Miller Florían-Sánchez B.Sc[1]; Martín Caicedo-Amaranto M.Sc[1].

[1]Instituto de investigaciones marinas y costeras José Benito Vives de Andréis– INVEMAR. Santa Marta, Colombia.

*(Estefanía Marín-Pulgarín hará la presentación oral)

Resumen:

Las comunidades bentónicas marinas constituyen un componente esencial de los ecosistemas marinos al ser la base de procesos ecológicos como el flujo de energía, la bioturbación, reciclaje de nutrientes y materia orgánica, además de ser ampliamente utilizados como bioindicadores debido a su capacidad de responder a variaciones ambientales. En el Pacífico colombiano, una región de alta importancia ecológica y biológica, los estudios de las comunidades bentónicas han sido escasos, limitando el conocimiento y la comprensión de su biodiversidad, distribución y estructura comunitaria. Con el objetivo de aportar información sobre la composición taxonómica y estructura de las comunidades macrobentónicas de esta región del país, se presentan los resultados obtenidos de estudios desarrollados entre los años 2021 y 2025, en diversos ambientes, tipos de sustrato e intervalos de profundidad (0 a > 3.000 m), incluyendo áreas con planos lodosos intermareales del Chocó norte, fondos sedimentarios profundos del DNMI Colinas y Lomas Submarinas de la Cuenca Pacífico Norte y fondos rocosos en ambientes mesofóticos del SFF Malpelo. En estas investigaciones se recolectaron muestras mediante técnicas estandarizadas para el estudio de la macrofauna bentónica, seleccionadas de acuerdo con las características del sustrato y a las condiciones de cada área de estudio, en donde se incluyó el uso de corazonadores, dragas y box corer. En conjunto se identificaron 3.207 organismos del macrobentos del Pacifico colombiano al nivel taxonómico de familia, destacándose, en términos de riqueza y abundancia, los phyla Annelida, con 50 familias y 1.653 individuos, Arthropoda (Crustacea), con 1.017 individuos y 68 familias, y Mollusca, con 288 individuos y 40 familias. Asimismo, se registró la presencia de otros grupos taxonómicos como Nematoda, Nemertea, Echinodermata y Platyhelminthes, los cuales contribuyen a la complejidad y diversidad de los ensamblajes bentónicos, evidenciando la alta diversidad de estas comunidades en los sustratos marinos de esta región del país. Estos estudios evidencian que el Pacífico colombiano alberga comunidades macrobentónicas, y, que a pesar de que su estudio ha sido históricamente limitado en comparación con otras regiones del país, la información generada entre el 2021 y 2025 representa un avance sustancial en la reducción de vacíos

de conocimiento, especialmente en zonas profundas y de difícil acceso, proporcionando información de línea base con el potencial de sustentar futuras investigaciones ecológicas, evaluaciones de impacto ambiental y apoyo en el entendimiento de la biodiversidad bentónica regional, al tiempo que promueven la continuidad de estudios estratégicos orientados a fortalecer la gestión, conservación y uso sostenible de los ecosistemas marinos del Pacífico colombiano.

Palabras clave: Macrobentos, fondos blandos, fondo rocoso mesofótico, planos lodosos, Pacífico colombiano.
Keywords: Macrobenthos, soft bottoms, mesophotic rocky substrate, mudflat ecosystems, Colombian Pacific.

Diversidad del meiobentos marino de profundidad en el Caribe Colombiano / Diversity of deep-sea marine meiobenthos in the Colombian Caribbean

Autores: Eliana Barrios-Vásquez M.Sc[1], Estefanía Marín-Pulgarín B.Sc[1*], Daniel Giraldo B.Sc[1], Yulibeth Velásquez Mendoza B.Sc[1], Angie Colorado Martínez B.Sc[1], Sara Guzmán Henao Esp. [1]

[1] Instituto de investigaciones marinas y costeras José Benito Vives de Andréis– INVEMAR. Santa Marta, Colombia. (Estefanía Marín-Pulgarín hará la presentación oral)

Resumen:

La meiofauna bentónica corresponde al conjunto de invertebrados microscópicos que habitan los espacios intersticiales de los sedimentos marinos, generalmente con tamaños entre ~ 63 y menos de 500 µm. Este componente del bentos constituye una fracción clave de la biodiversidad marina y desempeña funciones ecológicas fundamentales en los ecosistemas sedimentarios, participando en los procesos de reciclaje de materia orgánica, bioturbación y transferencia de energía en la red trófica, conectando la producción microbiana con niveles tróficos superiores, incluyendo la macrofauna y peces demersales. A pesar de su relevancia ecológica, el conocimiento sobre la diversidad meiofaunal en ambientes marinos del Caribe colombiano continúa siendo limitado, especialmente en los sistemas profundos. El objetivo de este trabajo es presentar un primer panorama de la diversidad del meiobentos, a nivel de phylum, presente en fondos sedimentarios profundos del Caribe colombiano, como un avance de las investigaciones realizadas entre 2018 y 2024. Durante casi dos décadas, en el marco de la alianza estratégica entre el INVEMAR y la ANH, se han desarrollado investigaciones de línea base ambiental, abarcando áreas sobre la plataforma continental y zonas más allá de la orla continental alcanzando ambientes batiales (hasta los 4.200 m). Estas investigaciones han incluido la caracterización de comunidades meiofaunales, mediante el análisis de 10 cm^2 de sedimentos por estación, comprendiendo las fracciones entre 500 y 63 µm y siguiendo los protocolos para el estudio del meiobentos, usando una solución de sílica coloidal (ludox). A la fecha se han procesado 11.240 invertebrados meiofaunales, identificándose 13 phyla: Annelida, Arthropoda, Bryozoa, Cnidaria, Echinodermata, Gastrotricha, Kinorhyncha, Mollusca, Nematoda, Nemertea, Platyhelminthes, Rotifera y Tardigrada. Dentro de este conjunto se incluyen grupos ampliamente reconocidos como dominantes en sedimentos marinos, como Nematoda y Arthropoda (Crustacea), así como taxones menos documentados en estudios regionales pero característicos de esta comunidad. De manera preliminar, algunos registros podrían representar nuevas ocurrencias, especialmente para los ambientes profundos del Caribe colombiano, lo cual resalta la importancia de continuar con evaluaciones taxonómicas más detalladas. Estos resultados constituyen un adelanto de la información que será presentada en futuras publicaciones, aportando datos relevantes para el conocimiento de la biodiversidad meiobentónica profunda presente en el Caribe colombiano. El estudio de la meiofauna bentónica marina en Colombia

tiene grandes desafíos, no sólo asociados a la profundidad, sino también al reducido tamaño de los organismos y su complejidad morfológica que limita la disponibilidad de taxónomos y literatura taxonómica especializada de la fauna local. Estos factores han contribuido históricamente a la poca representación del meiobentos en estudios regionales. No obstante, los avances presentados, evidencian el alto potencial de este componente del bentos para mejorar la comprensión de la biodiversidad y el funcionamiento ecológico de los sedimentos marinos profundos del Caribe colombiano.

Palabras clave: Bentos marino, meiofauna, profundidad, Caribe colombiano.
Keywords: Marine benthos, meiofauna, deep-sea, Colombian Caribbean

ADN ambiental en expediciones bio: revelando la biodiversidad marina oculta del Caribe y Pacífico Colombiano / Environmental DNA in bio expeditions: revealing hidden marine biodiversity of the Colombian Caribbean and Pacific

Autores: Vanessa Yepes Narváez Ph.D[1]; Alejandro Rodríguez B.Sc[1].; Cristian Ortega B.Sc[1].; Edison Lea M.Sc.[1]; Laura Gonzáles B.Sc.[1]

[1.] Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andréis" INVEMAR, Colombia (Vanessa Yepes Narváez hará la presentación oral)

Resumen:

Las Expediciones BIO de MinCiencias han marcado un hito en la generación de conocimiento sobre la biodiversidad marina en regiones remotas de Colombia, integrando metodologías tradicionales con enfoques biomoleculares avanzados. Entre estas herramientas, el ADN ambiental (eDNA) ha demostrado ser un aliado robusto, sensible y eficiente para caracterizar comunidades biológicas en ecosistemas de difícil acceso tanto del Caribe como del Pacífico, tal como evidencian los estudios realizados en la bahía de Tukakas (Caribe) y en la región Juradó–Cupica (Pacífico Norte). Estas iniciativas, lideradas por INVEMAR en articulación con MinCiencias, la academia y comunidades locales, han permitido superar limitaciones históricas de muestreo, ampliando la cobertura taxonómica y fortaleciendo la capacidad nacional para determinar el patrimonio natural marino del país. En la bahía de Tukakas, situada en una franja desértica y aislada de La Guajira, el eDNA integrado con censos visuales y taxonomía morfológica, permitió identificar 481 OTUs pertenecientes a 95 especies de peces, representando el 65% del total de peces detectados en la expedición. Esta aproximación evidenció la capacidad del eDNA para detectar especies raras, crípticas o solitarias, especialmente en ambientes con alta turbidez, profundidades someras y condiciones que dificultan el buceo científico. Además, el uso complementario de barcoding, permitió generar 95 códigos de barras genéticos y 164 secuencias de alta calidad, mejorando la resolución taxonómica en un 20% de los taxa evaluados. En el Pacífico norte, la Expedición BIO Juradó-Cupica representó el primer esfuerzo de eDNA aplicado a ecosistemas rocosos costeros de la región. Allí, la filtración de agua seguida de secuenciación masiva y análisis bioinformáticos con OBITools y ECOTAG, permitió obtener más de 8.3 millones de secuencias depuradas, agrupadas en 3169 MOTUs, abarcando desde microeucariotas hasta peces pelágicos y mamíferos marinos. En total se identificaron 80 especies y 70 familias, pese a la escasez de **referencias** genéticas para el Pacífico colombiano, lo que resalta tanto el potencial como los desafíos actuales del eDNA en zonas con escaso historial molecular. Ambos estudios coinciden en que el eDNA supera ampliamente las limitaciones de los métodos tradicionales en regiones con alta turbidez, fuerte dinámica hidrológica o difícil acceso, como arrecifes rocosos, manglares y zonas marinas profundas. A su vez, se consolidó un aporte sin precedentes a las bases de datos nacionales

(SiBM), con la generación de 415 códigos de barras genéticos en el Pacífico y el fortalecimiento de internacionales como OBIS, GBIF y BOLD Systems. Sin embargo, los principales retos incluyeron la baja resolución taxonómica en grupos con escasas referencias, la variabilidad en inhibidores ambientales, y las dificultades técnicas asociadas a determinados taxa. No obstante, las expediciones han demostrado que el eDNA es clave para detectar ampliaciones de rango, evaluar conectividad, y sustentar decisiones de conservación en áreas estratégicas para la soberanía ambiental del país. El uso del ADN ambiental en las Expediciones BIO refuerza la transición de Colombia hacia un sistema de monitoreo marino moderno, sostenible y de alta resolución, posicionando al país como referente regional en ciencia oceánica molecular.

Palabras clave: ADN Ambiental; Bases de Datos Genéticas; Pacifico colombiano; Caribe Colombiano; Expediciones BIO
Keywords: Environmental DNA, Genetic Reference Libraries; Colombian Pacific; Colombian Caribbean; BIO Expeditions.

Aislamiento y cultivo de Zooxantelas (*Symbiodiniaceae*) en corales del Caribe colombiano para reinoculación simbiótica. / Isolation and culture of ZOOXANTHEllA (*Symbiodiniaceae*) in corals from the Colombian caribbean for reinoculation processes.

Autores: Martha Lenis[1]*,Karen Gutiérrez[2] [1] Programa de Biología Marina, Universidad del Sinú, Cartagena, Colombia [2] Grupo de Investigación Simbioma, Universidad del Sinú, Cartagena, Colombia.

Resumen:

Los arrecifes coralinos del Caribe colombiano son ecosistemas estratégicos de alta biodiversidad que proveen servicios ecosistémicos como protección costera, seguridad alimentaria y sustento de comunidades locales, desempeñando un equilibrio ecológico. Sin embargo, factores como el aumento de temperatura y cambios en condiciones fisicoquímicas de los océanos, ha deteriorado significativamente estos ecosistemas. El blanqueamiento coralino es una consecuencia del aumento de la temperatura, lo que genera estrés térmico entre las algas endosimbiontes conocidas como zooxantelas (pertenecientes a la familia Symbiodiniaceae) y los corales. Estas microalgas realizan procesos fotosintéticos que aportan gran parte de la energía necesaria para procesos básicos del metabolismo y crecimiento de los corales, así mismo estos aportan CO2, nutrientes (nitrógeno y fosforo), protección y refugio a las microalgas, por lo que el estrés altera el funcionamiento de estas, provocando una producción de compuestos nocivos para los corales, como respuesta, el coral expulsa estas microalgas, perdiendo su color y su principal fuente de energía. En este contexto, comprender la dinámica de estas microalgas y su capacidad de crecimiento en condiciones controladas es fundamental para estudios de restauración simbiótica. El objetivo de esta investigación es evaluar la viabilidad del cultivo de zooxantelas asociadas a corales de caribe colombiano bajo condiciones controladas de laboratorio, con el fin de analizar y evaluar su crecimiento y explorar su potencial aplicación en estudios de restauración coralina. Para ello se recolectaron pequeñas muestras de tejido coralino provenientes de individuos con señales de blanqueamiento en zonas arrecifales cercanas a la isla de Barú, en el Caribe colombiano. Las muestras se transportaron en medios estériles con agua de mar hasta el laboratorio para posteriormente ser sometidas a procesos de filtración para aislar las células algales. Las células obtenidas fueron cultivadas en medios utilizados comúnmente para microalgas; f/2 médium y conway médium, los cuales se enriquecen experimentalmente con fuentes de carbono inorgánico ($NaHCO_3$), nutrientes nitrogenados ($NaNO_3$) y extracto de tejido coralino macerado como fuente de compuestos orgánicos y señales bioquímicas, con la finalidad de simular condiciones metabólicas proporcionadas por su hospedador, con el fundamento de literatura científica de experimentos de reposición de nutrientes de corales que confirmaron además que la disponibilidad de nitrógeno es el principal factor que limita la densidad de simbiontes en el hospedador. Manteniendo condiciones controladas como temperatura, salinidad, oxigenación y fotoperiodos mediante iluminación

artificial. Monitoreándose mediante observaciones microscópicas periódicas y estimaciones de densidad celular por cámara de conteo. Los resultados preliminares permitieron aislar células algales viables desde tejido coralino con signos de blanqueamiento, sin embargo, es necesario optimizar las condiciones experimentales para establecer cultivos estables. En consecuencia, es necesaria la optimización de la composición de los medios de cultivo para el mantenimiento de cultivos estables a largo plazo, tal como es mencionado en estudios que señalan la co-limitación por nitrógeno y carbono inorgánico disuelto como factores determinantes de la densidad y la fotosíntesis de los simbiontes (Roberty et al., 2020)1, aplicando un diseño experimental comparativo entre los dos medios y sus combinaciones con los suplementos mencionados para identificar las condiciones óptimas de crecimiento.

Palabras clave: Zooxantelas, simbiosis coral-alga, cultivo de microalgas, arrecifes coralinos, Caribe colombiano
Keywords: Zooxanthellae, coral-algae symbiosis, microalgae culture, coral reefs, Colombian Caribbean

Referencias:

1. Roberty, S., Béraud, E., Grover, R., & Ferrier-Pagès, C. (2020). Coral productivity is co-limited by bicarbonate and ammonium availability. Microorganisms, 8(5), 640. https://doi.org/10.3390/microorganisms8050640 [²]

Análisis espacial de los manglares como áreas de crianza de peces en el Pacífico Chocoano / Spatial analysis of mangroves as nursery areas for fish along the Chocoan Pacific Coast.

Autores: Silvia Sierra-Escrigas Lilian j. Barreto Sánchez[1] .Fundación MarViva Colombia.
lilian.barreto@marviva.net (Silvia Sierra hará la presentación oral)

Resumen:

Los manglares son ecosistemas con alta productividad primaria y secundaria neta y gran capacidad de exportar materia y energía (Ammour *et al*., 1999). La diversidad de hábitats que generan los convierte en áreas clave para el ciclo biológico de numerosos peces, invertebrados y aves, al proveer refugio, reproducción, crianza y alimentación, desempeñando un papel crucial en el mantenimiento de la biodiversidad marina y la sostenibilidad de las pesquerías costeras (Manson *et al*., 2005; Nagelkerken *et al*., 2008; Beck *et al*., 2021). El Pacífico chocoano concentra cerca del 20% de los manglares del litoral pacífico colombiano, lo que resalta la necesidad de fortalecer la organización de las actividades humanas y promover la conservación y uso sostenible de los recursos marino-costeros. En este contexto, se realizó un análisis ecológico y espacial de la relación entre especies de peces de importancia y el manglar, con el objetivo de evidenciar su función como impulsor de guarderías resilientes en cinco áreas estratégicas: la Zona Exclusiva de Pesca Artesanal (ZEPA), PNN Utría, el DRMI Golfo de Tribugá - Cabo Corrientes (GTCC), DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó (BB) y el Litoral San Juan (LSJ), actualmente en proceso de declaratoria. Se revisaron y depuraron datos de capturas de monitoreos participativos de pesca colectados desde 2010 (AUNAP, 2023; INVEMAR, 2023 y MARVIVA, 2023), manteniendo especies dependientes del manglar con interés ecológico, comercial o algún grado de amenaza. Los datos fueron espacializados usando la localización de caladeros; y clasificados mediante análisis de tallas con umbrales de madurez para estimar capturas en estadios inmaduros. La información se complementó con diálogos de saberes con comunidades y actores de la pesca artesanal, empleando preguntas orientadoras y mapas geográficos para identificar áreas de pesca y posibles zonas de crianza. Posteriormente, con la información estandarizada se construyó una matriz de pesos espaciales y se aplicó un análisis de agrupamiento y detección de valores atípicos mediante el índice de Moran's I (Anselin, 1995) para identificar áreas prioritarias de crianza. Los análisis de agrupamiento indicaron que en la zona norte las familias prioritarias fueron *Carangidae*, *Lutjanidae* y *Sphyraenidae*, mientras que en el sur *Ariidae*, *Centropomidae* y *Sciaenidae*. Los análisis espaciales identificaron como áreas prioritarias: Juradó-Curiche y bahía de Cupica (ZEPA); franja interna de la ensenada de Utría (PNNU); Golfo de Tribugá y estero de Coquí (GTCC); cuenca frente a Virudó, Usaragá, Sivirú e Hijuá (BB); y bocanas de Cacahual y Chavica (LSJ). Las diferencias entre la zona norte y sur están asociadas a la morfología costera, el tipo de fondo y la cobertura de manglar. En

el sur predominan familias estuarinas con mayor captura de juveniles, relacionada con la alta presencia de manglares y el uso de redes de enmalle; en el norte dominan especies de fondos duros y mar abierto con menor registro de estadios inmaduros. Integrar información pesquera y conocimiento tradicional permitió identificar patrones espaciales clave para priorizar áreas de gestión y conservación del manglar.

Palabras clave: Manglares, Áreas de crianza, Pesca artesanal, Monitoreo participativo, Conocimiento tradicional
Keywords: Mangrove, Nursery habitats, Artisanal fisheries, Coastal and marine conservation, Participatory monitoring, Traditional ecological knowledge

Referencias:

Anselin, L. (1995). Local indicators of spatial association—LISA2. *Geographical Analysis, 27*(2), 93–115. Ammour, T., Imbach, A., Suman, D., & Windevoxhel, N. (1999). *Manejo productivo de manglares en América Central*. CATIE. AUNAP. (2023). *Sistema de Información del Servicio Estadístico Pesquero Colombiano (SEPEC)*. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca [2018 – 2022]. Beck, M. W., Heck, K. L., Able, K. W., Childers, D. L., Eggleston, D. B., Gillanders, B. M., et al. (2001). The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates. *BioScience, 51*(8), 633–641. INVEMAR. (2023). *Sistema de Información Pesquera de INVEMAR (SIPEIN)*. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andréis. [Parque Nacional Natural Utría. 2010 – 2017)]. Fundación MarViva. (2023). *Monitoreo pesquero participativo*[2017 – 2018, 2023] Manson, F. J., Loneragan, N. R., Harch, B. D., Skilleter, G. A., & Williams, L. (2005). A broad scale analysis of links between coastal fisheries production and mangrove extent: A case study for northeastern Australia. *Fisheries Research, 74*(1–3), 69–85. Nagelkerken, I., Blaber, S. J. M., Bouillon, S., Green, P., Haywood, M., Kirton, L. G., et al. (2008). The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: A review. *Aquatic Botany, 89*(2), 155–185.

Arrecifes del Parque Nacional Natural Tayrona, entre olas de calor e inteligencia artificial / Coral reefs in Tayrona National Natural Park, between heat waves and AI

Autores: Catalina Gómez-Cubillos[1], Nikole Gualdrón[2], Felipe Gaitán[1], María Camila Rodríguez[1], Helena Benavidez[1], Carlos Daza-Guerra[1], Yohann Runhar[2], María Alejandra Martínez[3], Mayelis M. Barros-Barrios[3], y Sven Zea[1].

[1]Universidad Nacional de Colombia – Sede Caribe – Instituto de Estudios en Ciencias del Mar (CECIMAR) – Grupo de investigación Fauna Marina Colombiana: Biodiversidad y Usos. Atte. Invemar, Calle 25 2-55, Playa Salguero, Santa Marta, Colombia. macgomezcu@unal.edu.co; lgaitans@unal.edu.co; mrodriguezmoj@unal.edu.co; mbenavidesma@unal.edu.co; caadazagu@unal.edu.co; sezeas@unal.edu.co. 2Reef Support B.V kapteynstraat 1 Suite 140, Noordwijk, 2201 BB Netherlands. nikole@reef.support; yohan@reef.support 3Parques Nacionales Naturales de Colombia, Parque Nacional Natural Tayrona – Territorial Caribe, Calle 16 4-06, Centro de Santa Marta. mariaalejandra.martinezc@gmail.com; monitoreo.tayrona@parquesnacionales.gov.co (\ Catalina Gómez-Cubillos hará la presentación oral)

Resumen:

Eventos extremos, como las olas de calor marino, amenazan la estabilidad de los arrecifes de coral tropicales. El cuarto evento global de blanqueamiento coralino (2023–2025), una crisis ambiental histórica, afectó el ~84% de los arrecifes del mundo. Sus efectos evidencian la necesidad de actualizar escalas de alerta y fortalecer las estrategias de intervención y monitoreo. Para estimar este impacto en arrecifes de Santa Marta y el Parque Nacional Natural Tayrona (Caribe colombiano), en noviembre de 2024 se realizó una evaluación basada en un esfuerzo de extensión solidaria, siguiendo estándares GCRMN. El muestreo se desarrolló con fotocuadrantes alternos en 72 transectos de banda (10×2m) en 7 estaciones distribuidas en Gayraca, Bahía Concha, Granate y Punta de Betín, considerando flancos protegidos y expuestos y 4 niveles de profundidad. Además, 3 estaciones cuentan con registradores de temperatura (HOBO) y 4 con trampas de sedimentos, permitiendo integrar información ambiental complementaria. En total se recolectaron 933 fotografías, que se procesaron con el modelo de inteligencia artificial Open Coral AI - plataforma Labelbox. El modelo se configuró para la generación de segmentos (polígonos) asociados a una jerarquía de 60 etiquetas, de las cuales 48 corresponden a especies de coral del Caribe. Estas etiquetas se agruparon en 4 categorías, 8 formas de crecimiento, 4 condiciones del tejido coralino y 3 condiciones del esqueleto coralino. El metadato generado presentó un 1 % de error corregible. Resultados preliminares muestran que, en términos de cobertura total (100 % de la imagen), los organismos vivos segmentados ocuparon más espacio en Gayraca (38,1 %) que en Punta de Betín (10,6 %). En general, la mayor cobertura se concentró en ambientes de profundidad media (70 %) y en zonas con alta exposición (35,3 %). Los

corales duros representaron el 25,6 % de la cobertura total, otros invertebrados el 3,6 %, el esqueleto coralino el 9,8 % y las áreas sin segmentar el 61 %. La diversidad registrada incluyó 33 especies de corales duros, 2 especies de hidrocorales y 10 morfotipos. Respecto a la condición, 31 especies presentaron cambios de coloración en su tejido, aunque de manera diferencial. Del total de tejido coralino vivo, el tejido saludable representó en promedio el 37,6 %, mientras que el tejido con cambios de color alcanzó el 62,4 %, principalmente áreas pálidas (33,3 %) y blancas (28,7 %), y en menor proporción áreas oscuras o halos violetas (0,4 %). Durante el periodo evaluado, considerando las fechas de muestreo y los registros de temperatura disponibles, 20 especies mantuvieron más del 47 % de su tejido en buena condición y 10 de ellas superaron el 70 %, sugiriendo tolerancia térmica, información relevante para la gestión y la restauración. En contraste, 11 especies presentaron más del 50 % de tejido blanco y seis especies más del 50 % de tejido pálido. En conjunto, estos resultados respaldan la importancia del PNN Tayrona como refugio para la diversidad regional. Mantener estos esfuerzos garantiza producción de información actualizada y multipropósito, relevante para la ciencia, las instituciones y la sociedad.

Palabras clave: Arrecifes coralinos, Tayrona, Extensión solidaria, blanqueamiento, Inteligencia artificial
Keywords: Coral reefs, Tayrona, Community outreach, bleaching, AI

Arribazón inusual del alga roja *ceramium sp.* en playas urbanas de Cartagena, Colombia / Unusual drift of the red alga ceramium sp. on urban beaches of Cartagena, Colombia

Autores: Andy A. Acosta-Monterrosa[1*]Adriana Macías-Posada[1], Humberto Luis Quitana-Manotas[2], Alejandro Henao-Castro[1], Jimena Bohorquez-Herrera[1], Gabriel R. Navas-S[3].

[1]Grupo de investigación Tropical Aquatic Ecology, Programa de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia.

[2]Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe, Cartagena, Colombia.

[3]Grupo de investigación Hidrobiología, Programa de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia.

Resumen:

Las arribazones de macroalgas marinas son recurrentes a nivel global, históricamente enfocadas en especies pelágicas como Sargassum (1,2), por lo que existe un vacío de información sobre eventos dominados por algas rojas bentónicas en el Caribe. En las playas urbanas de Marbella, Cartagena, se han reconocido arribazones recurrentes desde finales del siglo XX, pero sin cuantificación ni identificación taxonómica detallada. El objetivo de este estudio fue identificar taxonómicamente la macroalga presente en estos arribazones, cuantificar la biomasa depositada en la costa y describir sus implicaciones. La metodología consistió en observaciones periódicas desde principios de 2025 en un tramo de aprox. 2 km en la playa de Marbella. Durante el pico de acumulación, se delimitó el área cubierta y se recolectó material utilizando cuadrantes de 0.25 m² en la zona supralitoral. Las muestras se limpiaron, pesaron, y posteriormente se identificaron las especies presentes, mediante observaciones en estereomicroscopio y microscopía óptica, utilizando claves taxonómicas especializadas (3,4). Los resultados evidencian que el arribazón progresó desde mediados de julio, alcanzando su máximo nivel el 1 de septiembre. Se estimó una biomasa húmeda varada de aprox. 2 toneladas. El material estaba dominado abrumadoramente por un alga del género Ceramium sp. (5), un tipo de alga roja poco asociada a eventos de deriva o arribazón a gran escala. Se destaca que estas densas acumulaciones supramareales e intermareales de macroalgas podrían modificar sustancialmente la estructura física del sedimento y fomentar procesos de descomposición que consumen oxígeno y liberan nutrientes (6). En conclusión, este evento representa uno de los primeros esfuerzos para caracterizar arribazones con presencia de Ceramium sp. en el Caribe colombiano, demostrando que no deben interpretarse solo como fenómenos naturales, sino como desafíos emergentes de gestión costera que afectan el ecosistema bentónico, el uso recreativo y el turismo en frentes litorales urbanos densamente poblados (7).

Palabras clave: Arribazones, Ceramium cimbricum, Macroalgas bentónicas, Gestión costera, Caribe colombiano
Keywords: Beach wrack, Ceramium cimbricum, Benthic macroalgae, Coastal management, Colombian Caribbean.

Referencias: 1. 2. 3. 4. 5. Gavio B, Rincón-Díaz MN, Santos-Martínez A. Cantidades masivas de Sargassum pelágicos en las costas de San Andrés Isla, Caribe suroccidental. Acta Biolo Colomb. 2015;20(1):239–41. doi:10.15446/abc.v20n1.46109 Rodríguez-Martínez RE, Torres-Conde EG, Rosellón-Druker J, Cabanillas-Terán N, Jáuregui-Haza U. The Great Atlantic Sargassum Belt: Impacts on the Central and Western Caribbean–A review. Harmful Algae. 2025 Apr 1;144. doi:10.1016/j.hal.2025.102838 PubMed PMID: 40187796. Dawes CJ, Mathieson AC. The seaweeds of Florida. University Press of Florida; 2008. 591 p. Littler DS, Littler MM. Caribbean reef plants. An identification guide to the reef plants of the Caribbean, Bahamas, Florida and Gulf of Mexico. Washington D.C.: OffShore Graphics, Inc.; 2000. Guiry M, Guiry G. Algaebase [Internet]. 2025 [cited 2025 Dec 12]. Available from: https://www.algaebase.org/

6. Morand P, Briand X. Excessive Growth of Macroalgae: A Symptom of Environmental Disturbance. Botanica Marina. 1996;39(1–6):491–516. doi:10.1515/botm.1996.39.1-6.491 7. Resiere D, Valentino R, Nevière R, Banydeen R, Gueye P, Florentin J, et al. Sargassum seaweed on Caribbean islands: an international public health concern. The Lancet. 2018 Dec 22;392(10165):2691. doi:10.1016/S0140-6736(18)32777-6

Biobancos del Museo de Historia Natural Marina de Colombia: plataforma para la conservación de la vida marina / Marine Natural History Museum of Colombia biobanks: a platform for the conservation of ocean biodiversity

Autores: Catalina Arteaga-Flórez. *[1]; Erika Montoya-Cadavid[1]

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andréis" INVEMAR, Colombia (*Catalina Arteaga Flórez realizará la presentación oral)

Resumen:

Los biobancos marinos constituyen infraestructuras estratégicas para la conservación de la biodiversidad y la generación de conocimiento científico, especialmente en un contexto de acelerado cambio ambiental en los océanos. En Colombia, único país en Sudamérica bañado por el Mar Caribe y el océano Pacífico, el fortalecimiento de colecciones biológicas marinas es clave para sustentar la investigación, la bioeconomía y la toma de decisiones en conservación. El Museo de Historia Natural Marina de Colombia MHNMC-Makuriwa, del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vides de Andréis" – INVEMAR, se posiciona como la principal plataforma nacional en términos de cobertura geográfica, taxonómica y batimétrica, al albergar muestras provenientes del Caribe y el Pacífico colombiano, así como de otras áreas de interés nacional, con rangos de profundidad que van desde zonas costeras hasta los más 4.200 m. Actualmente, el MHNMC resguarda más de 100.000 lotes organizados en 46 colecciones biológicas, definidas en su mayoría a nivel de phylum, con bancos de especímenes, tejidos y microorganismos. El material biológico es preservado mediante diferentes estrategias (criopreservación, conservación en líquido y en seco), siguiendo protocolos estandarizados y alineados con la normativa nacional vigente. Estas prácticas garantizan la calidad y disponibilidad del material para múltiples usos científicos y aplicados, por lo cual, el Museo presta diferentes servicios a la comunidad científica y en general para promover no solo el conocimiento en biodiversidad, sino su conservación y divulgación. La información asociada a las colecciones se encuentra sistematizada en el Sistema de Información sobre Biodiversidad Marina (SiBM), nodo marino del SiB Colombia, lo que permite su enlace con plataformas internacionales como GBIF, OBIS y GGBN. Esta integración facilita el acceso abierto a datos y promueve su uso en investigaciones de alcance global. Las colecciones del MHNMC tienen un alto potencial para el desarrollo de estudios en diversas áreas, incluyendo ecología, taxonomía, genética, cambio climático y bioprospección, con especial énfasis en su contribución a la bioeconomía marina. Además, desempeñan un papel fundamental en la construcción de inventarios de biodiversidad, como es el caso de proyectos o actividades puntuales de análisis taxonómicos basados en material del Museo; por ejemplo, en 2025 se reportaron más de 60 nuevos registros de especies de fitoplancton en el Caribe colombiano, derivados de una investigación de maestría. A pesar de su relevancia, el mantenimiento y crecimiento de estas

colecciones requieren financiamiento sostenido y trabajo articulado entre instituciones, aspectos que actualmente presentan limitaciones en el país. Fortalecer estas capacidades es esencial para garantizar la conservación del patrimonio biológico marino y apoyar procesos de toma de decisiones basados en evidencia. Como perspectiva, se destaca la necesidad de consolidar redes nacionales e internacionales de biobancos, fortalecer la digitalización e integración de datos, e impulsar su uso en estrategias de conservación y desarrollo sostenible. En este sentido, los biobancos del Museo representan una plataforma clave para enfrentar los desafíos actuales y futuros de los ecosistemas marinos en Colombia.

Palabras clave: Repositorios de Biodiversidad, Biodiversidad Marina, Sistemas de Información, Registros biológicos, Conservación Oceánica.
Keywords: Biodiversity Repositories, Marine Biodiversity, Information Systems, Biological Records, and Ocean Conservation.

Biodiversidad y ecosistemas marino costeros monitoreo de valores objeto de conservación, Santuario de Fauna y Flora Malpelo, Pacífico / Monitoring of conservation targets, Malpelo Fauna and Flora Sanctuary, Colombian Pacific

Autores: Perlaza Gamboa, Alejandro[1]., Cely Herrera, Cesar[2]., Rojas Vélez, Stephania[1]., Millán-Marquez, Ana M.[2]., Daza Suarez, Adriana[2]*

[1]Dirección Territorial Pacífico, Parques Nacionales Naturales de Colombia.

[2]Santuario de Fauna y Flora Malpelo, Parques Nacionales Naturales de Colombia. (Ana M. Millán-Márquez realizara la presentación del poster)

Resumen:

El Santuario de Fauna y Flora Malpelo (SFF Malpelo), declarado en 1995 como área protegida del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia y reconocido como Patrimonio Natural de la Humanidad y área Lista Verde de la UICN, constituye un sistema insular oceánico de alta relevancia para la conservación de la biodiversidad del Pacífico Este Tropical. Como parte de su gestión, implementa el monitoreo sistemático de Valores Objeto de Conservación (VOC) con el fin de evaluar tendencias ecológicas y orientar acciones de manejo. En este contexto, se analizaron los resultados obtenidos entre 2021 y 2025 para especies clave terrestres y marinas, incluyendo el piquero de Nazca (Sula granti), especies endémicas terrestres (Johngarthia malpilensis, Diploglossus millepunctatus y Anolis agassizi), comunidades coralinas y peces endémicos (Axoclinus rubinoffi, Lepidonectes bimaculatus y Acanthemblemaria stephensi). El análisis se basó en metodologías estandarizadas como transectos, parcelas y censos visuales, evaluando indicadores de densidad poblacional, abundancia de nidos, proporción sexual y condición arrecifal mediante el índice ICTAC. Los resultados evidencian patrones contrastantes entre los componentes del ecosistema. El piquero de Nazca presentó en 2025 la mayor densidad poblacional y abundancia de nidos desde el inicio del monitoreo, lo que sugiere condiciones favorables del ecosistema. No obstante, se observó variabilidad en su periodo reproductivo, posiblemente asociada a cambios en la disponibilidad de alimento y a eventos oceanográficos como el ENOS. Las especies endémicas terrestres mostraron tendencias generales decrecientes desde 2021. Aunque en 2025 se registraron leves incrementos en Anolis agassizi y Johngarthia malpilensis, la tendencia a largo plazo continúa siendo negativa, especialmente para Diploglossus millepunctatus. Estas dinámicas podrían estar relacionadas con factores climáticos externos. La proporción sexual del cangrejo de Malpelo se mantuvo cercana a la paridad, sin evidencias claras de patrones reproductivos. Por el contrario, en los ecosistemas coralinos, la condición se mantuvo entre “buena” y “deseable”, con alta cobertura coralina y abundancia de peces carnívoros. Sin embargo, persisten efectos del blanqueamiento de 2023, evidenciados en mortalidad parcial de colonias

y aumento de macroalgas, lo que sugiere procesos de recuperación incompletos. Sin embargo, los peces endémicos presentaron una tendencia decreciente sostenida en su densidad entre 2020 y 2025, alcanzando valores mínimos en el último año. Este patrón constituye una señal de alerta posiblemente asociada a cambios en las condiciones oceanográficas. Los resultados evidencian que, aunque el SFF Malpelo mantiene una condición general favorable y funcional, existen señales tempranas de cambio en componentes clave del ecosistema. Esto resalta la importancia de fortalecer el monitoreo a largo plazo, integrar variables climáticas y oceanográficas, y profundizar en el conocimiento de la historia de vida de las especies, con el fin de mejorar la toma de decisiones para la conservación y el manejo adaptativo de esta área marina protegida.

Palabras clave: Áreas marinas protegidas, dinámica poblacional, especies endémicas, formaciones coralinas, monitoreo
Keywords: Marine protected areas, population dynamics, endemic species, coral communities, monitoring.

Potencial evolutivo del género *Acropora (Scleractinia, Cnidaria)* en el Caribe Colombiano. / Evolutionary potential of the genus *Acropora (Scleractinia, Cnidaria)* in the Colombian Caribbean.

Autores: Diana Carolina Pareja-Gastelbondo[1]* Mario h. Londoño-Mesa,Dr.Sc.[2]

[1]Estudiante, Grupo LimnoBasE y Biotamar, Instituto de Biología, Universidad de Antioquia, Colombia.

[2]Profesor Asociado, Grupo LimnoBasE y Biotamar, Instituto de Biología, Universidad de Antioquia, Colombia

Resumen:

El género *Acropora* es el más diverso y ampliamente distribuido entre los corales pétreos (Scleractinia). En el Caribe colombiano se encuentran *Acropora cervicornis* y *Acropora palmata*, los cuales son fundamentales en la formación de arrecifes. Sin embargo, estas especies son altamente vulnerables al estrés ambiental y antropogénico, lo que ha provocado su drástica disminución desde la década de los años 70. Ahora son consideradas especies en peligro crítico de extinción. Para todos los organismos, la diversidad genética es importante como potencial evolutivo. Esta investigación busca contribuir al debate del potencial evolutivo de estas especies para el Caribe colombiano, a través de una revisión exhaustiva de la bibliografía. Estudios indican que *A. cervicornis* tiene mayor diversidad genética, lo que significa que tiene mayor flujo genético entre poblaciones; sin embargo, es más susceptible a enfermedades, como la banda blanca. En contraste, *A. palmata* tiene una mayor resistencia y respuesta inmune, pero tiene una menor diversidad genética en comparación a la registrada en el resto del mar Caribe. Se han identificado genes asociados a la resiliencia térmica y a enfermedades, y se ha propuesto el uso del híbrido de *A. cervicornis* y *A. palmata*, conocido como *A. prolifera*, en los esfuerzos de restauración a través de la evolución reticulada, la cual podría permitir una adaptación más rápida a los cambios ambientales que se presentarán en los siguientes 100 años. Estudios han observado que *A. cervicornis* puede mantener su tasa de crecimiento ante la acidificación, lo que sugiere cierto potencial de adaptación. A pesar de lo anterior, en Colombia aún se requieren más investigaciones para determinar estrategias efectivas que aseguren la supervivencia de estos corales frente al cambio climático.

Palabras clave: Diversidad genética, resiliencia, hibridación, evolución reticulada, cambio climático. Genetic diversity, resilience, hybidization, reticulate evolution, climate change.

Bioincrustantes no nativos en entornos portuarios: retos para la vigilancia y la investigación científica. /Non-native biofouling in port environments: challenges for monitoring and scientific research

Autores: Juan Camilo Tovar-Bolaños, Humberto Quintana Manotas*, Liseth Johana Arregocés Silva, Adrián Velásquez Bedoya, Sara Arenas-Uribe Dirección General Marítima, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe, Sección de Protección del Medio Marino (* Humberto Quintana Manotas hará la presentación oral/póster)

Resumen:

La introducción de especies invasoras se reconoce como uno de los principales factores de pérdida de biodiversidad marina a nivel global. En Colombia, los entornos portuarios constituyen puntos críticos para la llegada y establecimiento de organismos no nativos asociados al biofouling, debido a la dinámica del transporte marítimo nacional e internacional y a la amplia disponibilidad de estructuras artificiales sumergidas como boyas, pilotes y muelles, que favorecen la colonización y dispersión de especies. Estos procesos pueden alterar la biodiversidad local y generar impactos negativos de carácter ambiental, económico y operativo. El objetivo del presente trabajo, adelantado por la Dirección General Marítima (DIMAR), fue identificar especies incrustantes no nativas presentes en puertos colombianos y evaluar los principales retos metodológicos y operativos que enfrenta la investigación científica en este campo. Para ello se realizaron campañas de muestreo en Cartagena, Puerto Velero y el Golfo de Morrosquillo, en el Caribe colombiano. La metodología consistió en la delimitación de cuadrantes de 30 x 30 cm en superficies colonizadas de embarcaciones y estructuras portuarias. Los organismos incrustantes fueron extraídos mediante raspados, filtrados en red Surber de 500 µm y posteriormente fijados en formalina al 4 % o etanol al 70 %, para su identificación taxonómica al nivel más bajo posible. Los resultados permitiero n detectar especies no nativas relevantes como Amphibalanus reticulatus, A. variegatus, Perna viridis y Electroma sp. No obstante, la identificación morfo-anatómica resultó insuficiente para varios grupos taxonómicos, lo que evidencia la necesidad de incorporar herramientas moleculares que validen la identidad de los organismos y fortalezcan la detección temprana de potenciales invasores. Durante el desarrollo de la investigación se identificaron retos metodológicos y operativos significativos, como la falta de protocolos estandarizados, la necesidad de continuidad en los programas de monitoreo, las dificultades de acceso a áreas portuarias y la escasez de información histórica consolidada. La discusión de los hallazgos resalta la importancia de integrar metodologías tradicionales con análisis moleculares para mejorar la precisión en la identificación de bioincrustantes y apoyar la gestión del riesgo en zonas portuarias. Comprender estas dinámicas es esencial para orientar la toma de decisiones, fortalecer la gobernanza

marítima y diseñar estrategias de prevención y control que reduzcan la vulnerabilidad de los ecosistemas marinos frente a especies invasoras. Finalmente, este estudio aporta evidencia sobre la presencia de bioincrustantes no nativos en puertos colombianos y resalta la necesidad de consolidar capacidades técnicas mediante el uso de herramientas moleculares y sistemas de vigilancia. La experiencia constituye un avance significativo hacia la gestión responsable del biofouling y la protección de la biodiversidad marina en el país

Palabras clave: /
Keywords: Bioincrustaciones, Especie nativa, Especie invasora, Desafíos, Puertos/ Biofouling, Native species, Invasive species, Challenges, Ports.

Biomasa de Sargassum flotante como compost para restauración de manglar: experiencia en la Reserva de Biosfera Seaflower

Autores: Juan Andrés Palacios-Rocha[1], Nelsith Fornaris[2], Jose Ernesto Mancera Pineda[1], Jairo Medina-Calderón[2] and Brigitte Gavio[1]\ [1] Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, Carrera 30 Calle 45, edificio 421, Bogotá, Colombia.

[2] Jardín Botánico, Universidad Nacional de Colombia, sede Caribe, San Luis Free Town, San Andrés Isla, Colombia.

Resumen:

Los arribazones masivos de Sargassum se han convertido en un problema ecológico y socioeconómico en el Caribe. Este estudio tiene como objetivo evaluar el potencial de un compost a base de Sargassum para mejorar el crecimiento y la salud de propágulos de Rhizophora mangle*, en programas de restauración de manglar.

En la isla de San Andrés, en el Caribe colombiano, se desarrolló un experimento de 12 meses en donde los propágulos se plantaron en cuatro tratamientos diferentes: 1) tierra local; 2) 50% composta base de *Sargassum*; 3) compost sin *Sargassum*; 4) tierra del bosque de manglar. Se midió la sobrevivencia, altura, índice de salud, y producción de hoja mensualmente tanto en vivero como en el bosque después del trasplante. Las plántulas que crecieron con el compost a base de *Sargassum* tuvieron el 100% de sobrevivencia y en estadios más avanzados, una mayor producción de hojas comparado con los demás tratamientos. En contraste, las plántulas que crecieron en el suelo proveniente del bosque de manglar tuvieron el peor desempeño, con la tasa de mortandad más elevada entre los cuatro tratamientos. La concentración de metales pesados (As, Cd, Pb) tanto en el tejido vegetal como en los sustratos se mantuvo por debajo de los límites recomendados. En conclusión, el compost a base de *Sargassum* es una opción viable para mejorar la sobrevivencia de las plántulas de manglar para restauración, además de ser un método fácil y económico para emplear esta biomasa de forma efectiva.

Palabras clave: San Andrés isla, arribazones masivas, *Rhizophora mangle*, propagulos, vivero

Cambios temporales en la estructura de tallas de especies pesqueras del Pacífico Chocoano

Autores: William Gonzalez Daza[1*], *Miguel David Barrios Amaya*[1]

[1]*Fundación MarViva (**hará la presentación oral)*

Resumen:

El análisis de la estructura de tallas en las capturas pesqueras constituye una herramienta clave para evaluar el estado de las poblaciones explotadas y detectar posibles señales de presión pesquera, particularmente en sistemas tropicales multiespecíficos como el Pacífico chocoano, donde los cambios en la talla media pueden reflejar variaciones en la disponibilidad del recurso, la selectividad de los artes de pesca o la dinámica poblacional de las especies; en este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar los cambios temporales en la estructura de tallas de las especies más abundantes del sistema pesquero y analizar la influencia de los artes de pesca sobre dichas dinámicas, a partir de series temporales de monitoreo pesquero correspondientes a los periodos 2010–2017 y 2023–2025. Para ello, se consolidó y depuró una base de datos de frecuencias de tallas provenientes de desembarques pesqueros, incluyendo información de especie, longitud, frecuencia y arte de pesca, la cual fue estandarizada, filtrada y expandida para representar individuos; posteriormente, se seleccionaron las diez especies más abundantes y se calcularon estadísticas descriptivas anuales, y se evaluaron las tendencias temporales mediante modelos estadísticos, incluyendo modelos lineales y modelos aditivos generalizados (GAMs), lo que permitió identificar tanto tendencias generales como patrones no lineales en el tiempo, además de explorar el efecto del arte de pesca mediante análisis comparativos por especie. Los resultados evidenciaron una disminución general en los volúmenes de captura posterior a 2013, acompañada de cambios importantes en la estructura de tallas, donde varias especies presentan tendencias negativas en la talla media, particularmente *Scomberomorus sierra, Lutjanus peru, Caranx caninus, Brotula clarkae y Caranx caballus*, lo que sugiere posibles procesos de presión pesquera, mientras que otras especies muestran incrementos en talla, como *Thunnus albacares* y *Haemulon steindachneri*; adicionalmente, los modelos GAM revelaron que estos cambios no siguen patrones lineales simples, sino dinámicas complejas con fluctuaciones interanuales, incluyendo periodos de reducción y recuperación, y se identificó que ciertos artes de pesca, como el palangre y la línea de mano, están asociados con reducciones más marcadas en la talla de captura. En este sentido, la combinación de tendencias lineales y no lineales sugiere que las pesquerías analizadas responden a múltiples factores, incluyendo presión pesquera, variabilidad ambiental y cambios en el esfuerzo de pesca, evidenciando que la dinámica de tallas no puede ser explicada únicamente por procesos de sobreexplotación constante, sino por interacciones complejas dentro del sistema pesquero; en consecuencia, los resultados resaltan la necesidad de fortalecer el monitoreo pesquero y ajustar

estrategias de manejo, recomendando la implementación de medidas como la regulación de tallas mínimas de captura, la evaluación de la selectividad de los artes de pesca y el desarrollo de enfoques ecosistémicos que contribuyan a la sostenibilidad de los recursos pesqueros.

Palabras clave: Tallas de captura, Pesquerías artesanales, Modelos GAM, Dinámica poblacional, Manejo pesquero
Keywords: Size structure, Artisanal fisheries, GAM models, Population dynamics, Fisheries management

Caracterización de la biodiversidad marina del PNN Bahía Portete-KAURRELE mediante herramientas moleculares / Characterization of marine biodiversity in PNN Bahía Portete-KAURRELE using molecular tools

Autores: Edison Lea-Charris M.Sc.[1]*; Laura González-Carreño B.Sc.[1]; Vanessa Yepes-Narváez Ph.D.[1]; Alejandro Rodríguez-Sánchez B.Sc.[1]; Cristian Ortega-Sánchez B.Sc.

[1] Instituto de investigaciones marinas y costeras "José Benito Vives de Andréis" –INVEMAR. Santa Marta, Colombia. (*Edison Lea-Charris hará la presentación del póster)

Resumen:

La caracterización precisa de la biodiversidad marina constituye un componente fundamental para el monitoreo y la conservación de los ecosistemas marinos y costeros. No obstante, la identificación taxonómica sustentada exclusivamente en rasgos morfológicos puede verse limitada por la presencia de especies crípticas, la plasticidad fenotípica y el deterioro de las muestras biológicas. En este contexto, la taxonomía molecular se presenta como una herramienta complementaria que incrementa la resolución y confiabilidad en la delimitación de especies. El presente estudio tuvo como objetivo fortalecer el inventario biológico del PNN Bahía Portete-Kaurrele en el Caribe colombiano mediante la integración de métodos tradicionales y moleculares para la identificación de organismos marinos. En total se recolectaron 842 ejemplares de la biodiversidad marina los cuales fueron examinados, fotografiados y procesados en el laboratorio de Biología Molecular. Los especímenes, junto a sus 2530 tejidos derivados fueron depositados en las colecciones de referencia del Museo de Historia Natural Marina de Colombia (MHNMC), y la información asociada siguiendo los estándares definidos por el MHNMC. La extracción, amplificación y secuenciación de ADN se realizó empleando protocolos estandarizados por el INVEMAR y empleando marcadores codificantes para varios genes mitocondriales (COI, 18S y 28S). Los análisis genéticos permitieron resolver ambigüedades taxonómicas detectadas en campo y mejorar la precisión en la identificación de diversos grupos biológicos. Los peces registraron el mayor número de secuencias consenso de alta calidad (112), seguidos por crustáceos (59), esponjas (34), moluscos (25), cnidarios (10), ascidias (8) y briozoos (4). La caracterización molecular permitió además documentar cinco especies de macroalgas, pertenecientes a géneros como Botrytella, Rosenvingea y Ectocarpus; así como especies representativas de crustáceos (Minuca rapax, Leptuca pugilator), moluscos (Plicopurpura patula), equinodermos (Ophiothrix angulata), esponjas (Spongia, Axinella, Scopalina) y cnidarios, incluyendo medusas del género Cassiopea y corales blandos de los géneros Plexaurella y Muricea*. Todas las secuencias genéticas obtenidas y sus metadatos han sido depositadas en la base de datos de BoldSystems dentro del contenedor MBCOL. Los resultados evidencian que la taxonomía molecular es una herramienta clave para complementar los métodos tradicionales, facilitando la resolución de vacíos taxonómicos,

mejorando la precisión de los inventarios biológicos y contribuyendo al fortalecimiento de bases de datos genéticas de referencia. Esta integración metodológica es esencial para apoyar estrategias de monitoreo y conservación de los ecosistemas marino-costeros del Caribe colombiano.

Palabras clave: Taxonomía Molecular, Biodiversidad Marina, PNN Bahía Portete-Kaurrele, Caribe colombiano
Keywords: Molecular Taxonomy, Marine Biodiversity, PNN Bahía Portete-Kaurrele, CC

Caracterización de poliquetos asociados a raíces del mangle en Ciénaga de las Quintas, Cartagena, Colombia. / Characterization of polychaetes associated with mangrove roots in ciénaga de las quintas, Cartagena, Colombia.

Autores: Josué Martínez Casas[1*]Karen Gutiérrez Valderrama[2], Patricia Romero Murillo[3]

[1]Grupo de investigación GIBEAM, Universidad del Sinú, Elías Bechara Zainúm, Seccional Cartagena. josuedavidmartinezcasas@gmail.com (Autor de correspondencia: *Josué Martínez hará la presentación oral/poster).

Resumen:

Los manglares del Caribe colombiano son ecosistemas estratégicos que brindan protección costera, conservan la biodiversidad y ofrecen recursos pesqueros esenciales para las comunidades locales. No obstante, enfrentan presiones por urbanización y cambio climático que comprometen su integridad. En Cartagena de Indias, la Ciénaga de las Quintas alberga una diversidad de poliquetos que actúan como indicadores del estado de salud del ecosistema y son fundamentales para el flujo de energía. Esta investigación analizó la estructura y composición taxonómica de la comunidad de poliquetos (Annelida: Polychaeta) asociados a las raíces del mangle rojo (Rhizophora mangle) en la Ciénaga de las Quintas, Cartagena de Indias, evaluando su distribución en respuesta a las presiones ambientales derivadas de la urbanización y la incidencia antrópica. Los organismos se recolectaron en tres años del 2023 y se utilizó un diseño de muestreo estratificado en tres sitios con diferentes grados de perturbación antropogénica, se procedió a la extracción manual de raíces a profundidades de entre 60 y 70 cm, adicionalmente, se registró la salinidad, la cual mostró una alta variabilidad con un valor mínimo de 1.00, un máximo de 35.00 y un promedio de 23.33. Los especímenes recolectados durante el año 2023 fueron preservados en alcohol al 70% e identificados taxonómicamente mediante microscopía y el uso de guías especializadas, revelando una abundancia total dominada por la familia Nereididae con 76 individuos, seguida en menor proporción por Serpulidae (24), Sabellidae (19) y Phyllodocidae (4). Estos hallazgos sugieren que la marcada predominancia de los nereididos está intrínsecamente vinculada a su notable tolerancia adaptativa frente a sustratos con elevada sedimentación y alta carga de materia orgánica, proveniente posiblemente de los asentamientos urbanos adyacentes, lo que desplaza a otras familias menos resistentes. En conclusión, la estructura de la comunidad de poliquetos en la ciénaga actúa como un indicador biológico de un ecosistema bajo estrés severo, donde la simplificación de la biodiversidad hacia taxones oportunistas refleja la degradación del hábitat, haciendo vital el desarrollo de estrategias de manejo sostenible que mitiguen el impacto humano para preservar la integridad de estos anélidos como base del flujo energético en el manglar.

Palabras clave: Presión antrópica, Polychatea, Rhizophora mangle, Bioindicadores, Ciénega costera.
Keywords: Anthropic Pressure, Polychaetaes, Rhizophora mangle, Bioindicators, Coastal swamp.

Caracterización ontogénica post-metamórfica, variabilidad alométrica y cambios microestructurales de la estrella *Hemipholis cordifera* (bosc, 1802). / Post-metamorphic ontogenetic characterization, allometric variability, and microstructural changes in the fragile star *Hemipholis cordifera* (bosc, 1802)

Autores: José Llanes Escobar [1]\, *Nixon Londoño Montes[1]; Carlos A. Nisperuza Pérez[1-2]*

[1]Grupo de investigación GRUBIODEQ, Departamento de biología, Facultad de ciencias básicas, Universidad de Córdoba, Colombia.

[2]Grupo de investigación química de los productos naturales: PRONAT, Facultad de ciencias básicas, Universidad de Córdoba, Colombia (\José Llanes Escobar hará la presentación oral).

Resumen:

Hemipholis cordifera (Bosc, 1802) es una especie de ofiuroideo perteneciente a la familia Ophiactidae registrada en el Atlántico, que puede encontrarse asociada a arrecifes de coral, esponjas, fondos fangosos, arenosos, rocosos y algas a profundidades entre 1 y 18 m (O'Hara et al., 2018). En general, la identificación de esta especie se ha basado en organismos adultos y no existen registros de posibles cambios en su morfología durante su crecimiento (Goswami et al., 2022). Sumado a esto *H. cordifera* tiene semejanzas morfológicas con otras especies, principalmente del género *Amphiodia*, lo que podría dificultar su correcta identificación taxonómica (Ziegler et al., 2021). El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar los cambios ontogénicos post-metamórficos, la alometría y cambios microestructurales de la estrella *H. cordifera*. Se recolectaron 150 organismos en la bahía de Cispatá a cada individuo se le midieron 15 características anatómicas, longitud del brazo (LB) y con base en el diámetro del disco (DD) se establecieron intervalos de talla. Se brindan datos cuantitativos sobre cada medida anatómica considerando el tamaño de los organismos. Los datos morfométricos se ajustaron a una ecuación de potencia para detectar el grado de alometría en el crecimiento de los caracteres anatómicos. También se obtuvieron microestructuras de la sección proximal del brazo de especímenes en diferentes estadios para su observación en un SEM. El diámetro del disco de *H. cordifera* varió entre 1,97 y 7,25 mm y se establecieron tres intervalos de talla: juveniles (1,97-3,73 mm), etapa intermedia (3,73 -5,53 mm) y adultos (5,54-7,27 mm). La relación entre la longitud del brazo (LB) y el diámetro del disco (DD) en *Hemipholis cordifera* presentó un crecimiento alométrico negativo (k = 0,47), lo que indica un desarrollo más rápido de los brazos en comparación con el disco. Los valores bajos de LB/DD observados sugieren un estilo de vida de superficie o epifaunal. Además, las 14 relaciones morfométricas establecidas presentaron crecimiento alométrico negativo. El Índice de Asimetría reveló que, en cuanto a la longitud, el 76% de los organismos tienen los escudos radiales simétricos, mientras que en el 19% y el 5% presentaron asimetría

sesgada a la derecha e izquierda respectivamente. Por otro lado, teniendo en cuenta la serie de crecimiento de la especie, las estructuras que sufren cambios a lo largo del desarrollo ontogénico post-metamórfico son: placas primarias, escudos radiales, placas dorsales y ventrales de los brazos y el análisis detallado de las microestructuras reveló cambios en las vértebras, que incluyen variaciones en el área muscular, dorso muscular y quilla entre organismos juveniles y adultos. Estos hallazgos subrayan la necesidad de integrar datos morfológicos finos en análisis de biodiversidad, especialmente en grupos marinos con plasticidad ontogénica, donde la escasez de descriptores anatómicos ha limitado la comprensión de su capacidad adaptativa (Humara-Gil et al., 2025). En definitiva, este estudio no solo contribuye al conocimiento de la ontogenia en ofiuros, sino que también ofrecen nuevas herramientas para su identificación taxonómica, resaltando la necesidad de considerar las variaciones asociadas al crecimiento en estudios sistemáticos.

Palabras clave: Alometría, Equinodermos, Morfometría, Plasticidad
Keywords: Allometry, Echinoderms, Morphometry, Plasticity

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS: *O'Hara, T. D., Stöhr, S., Hugall, A. F., Thuy, B., & Martynov, A. (2018). Morphological diagnoses of higher taxa in Ophiuroidea (Echinodermata) in support of a new classification.* European Journal of Taxonomy, 416*, 1–35. <https://doi.org/10.5852/ejt.2018.416>* Goswami, A., Binder, W. J., Meachen, J., & O'Keefe, F. R. (2022). The fossil record of phenotypic integration and modularity: A deep-time perspective on developmental and evolutionary dynamics. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 53, 275-300. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102220-024657> *Ziegler, A., Faber, C., Mueller, S., & Bartolomaeus, T. (2021). Comparative morphology and evolution of the echinoderm water vascular system. Zoomorphology, 140(3), 357-376. <https://doi.org/10.1007/s00435-021-00534-4>* Humara-Gil, K. J., Granja-Fernández, R., Bautista-Guerrero, E., Solís-Marín, F. A., & Rodríguez-Troncoso, A. P. (2025). On Ophioderma (Echinodermata: Ophiuroidea) coming of age: Morphological variations in three eastern Pacific species. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 105, e49, 1–13. <https://doi.org/10.1017/S0025315425000396>

Caracterización taxonómica de macroalgas epífitas asociadas a raíces de mangle en tierra bomba, Bahía de Cartagena de Indias / Taxonomic characterization of epiphytic macroalgae associated with mangle roots in Tierra Bomba, Cartagena de Indias Bay

Autores: Laura Aristizabal-Landazury[1]*, Sheyla Teran-Rodriguez[1], Olga Camacho[2], Patricia Romero-Murillo[1].

[1] Grupo de investigación GIBEAN, Universidad del Sinú, Elías Bechara Zainum, Seccional Cartagena.

[2]Universidad del Magdalena, grupo de investigación GIESEMOL. lauracaristizabal@unisinu.edu.co

Resumen:

Las raíces sumergidas de los manglares constituyen sustratos tridimensionales que favorecen el establecimiento de comunidades epífitas altamente especializadas, entre ellas las macroalgas que desempeñan un papel fundamental en la productividad primaria, el reciclaje de nutrientes y el incremento de la complejidad estructural del hábitat en los ecosistemas costeros. En el sector de Tierra Bomba, zona insular de la bahía de Cartagena caracterizada por una mayor influencia marina, estabilidad salina y dinámica hidrodinámica, se realizó la caracterización de las comunidades de macroalgas asociadas a raíces de mangle. El objetivo del estudio fue identificar las especies presentes y describir su composición taxonómica como base para evaluar patrones ecológicos locales. El muestreo se realizó manualmente, recolectando macroalgas adheridas a raíces sumergidas. Posteriormente, las muestras fueron preservadas en formol neutralizado al 4 % y alcohol etílico al 96 %. De cada especie de macroalga se prensaron especímenes para la elaboración de un herbario y para su análisis mediante observaciones macroscópicas y cortes histológicos transversales examinados en microscopio óptico, utilizando claves morfológicas especializadas y literatura fitoflorística actualizada. En Chlorophyta se registraron especies como Caulerpa taxifolia, Caulerpa verticillata y Chaetomorpha gracilis, mientras que en Rhodophyta se identificaron Gracilaria cylindrica, Gracilaria cervicornis, Gracilaria mammillaris, Acanthophora spicifera, Acanthophora muscoides, Gelidium pusillum y Centroceras clavulatum. La comunidad estuvo dominada por rodofitas, particularmente por especies del género Gracilaria, lo que sugiere condiciones relativamente estables de salinidad, buena penetración lumínica y adecuada circulación de agua marina. La composición registrada evidencia una comunidad diversa y representativa del Caribe colombiano, comparable con reportes de manglares insulares del suroccidente del Caribe. Las diferencias observadas respecto a sectores más estuarinos de la bahía sugieren que la influencia oceánica favorece una mayor riqueza y estabilidad. Estos resultados posicionan a Tierra Bomba como un sector con alta representatividad ficoflorística dentro del sistema y aportan información esencial para futuros análisis de diversidad, biomasa y dinámica espacio-temporal. Asimismo, la dominancia de Rhodophyta y la coexistencia con Chlorophyta refuerzan el

potencial de estas comunidades como bioindicadores de la calidad ambiental y como herramientas científicas clave para el manejo, monitoreo y conservación de los manglares en la bahía de Cartagena frente a presiones antrópicas crecientes.

Palabras clave: Tierra Bomba, Macroalgas epífitas, Diversidad taxonómica, Caribe colombiano, ecosistemas costeros.
Keywords: Earth bomb, Epiphytic macroalgae, Taxonomic diversity, Colombian Caribbean, coastal ecosystems.

Caracterización taxonómica de macroalgas epífitas en raíces de mangle, Ciénaga de los Vásquez, Caribe colombiano. / Taxonomic characterization of epiphytic macroalgae on mangrove roots, Ciénaga de los Vásquez, Colombian Caribbean.

Autores: Sheyla Teran-Rodriguez1*, Laura Aristizábal-Landazury[1], Olga Camacho- Hadad[2] & Patricia Romero-Murillo[1]

[1]Grupo de investigación GIBEAM, Universidad del Sinú, Elías Bechara Zainúm, Seccional Cartagena.

[2]Universidad del Magdalena, grupo de investigación GIESEMOL sheylateran@unisinu.edu.co

Resumen:

La bahía de Cartagena, en el Caribe Colombiano, alberga extensos manglares que constituyen ecosistemas altamente productivos y biodiversos. Las raíces aéreas y sumergidas en los mangles proporcionan un sustrato tridimensional que favorece el establecimiento de comunidades epifitas, entre ellas las macroalgas. Estas asociaciones desempeñan un papel relevante en la dinámica ecológica del sistema, al contribuir a la productividad primaria y a los procesos de materia orgánica. La presente investigación tuvo como objetivo caracterizar taxonómicamente las macroalgas epifitas asociadas a raíces de mangle en la Ciénaga de los Vásquez, ubicada en la Bahía de Cartagena. El muestreo se realizó teniendo en cuenta cuatro estaciones con presencia de manglar y asociaciones algales visibles. Las muestras recolectadas fueron transportadas al laboratorio para su limpieza, preservación (herbario, fijación en formalina al 4% y alcohol al 70%) e identificación taxonómica mediante el análisis de características macro y microscópicas. Las especies fueron clasificadas en los principales grupos de macroalgas y la información obtenida fue sistematizada en una base de datos digital en actualización continua. De manera prospectiva, se espera registrar una diversidad representativa de macroalgas asociadas tanto a raíces sumergidas como a neumatóforos, logrando su adecuada identificación taxonómica. Asimismo, se prevé que la composición y distribución de las especies estén relacionadas con variables ambientales como la salinidad, la turbidez y el grado de influencia antrópica. En este contexto, la baja presencia de zonas urbanizadas en el área de estudio podría favorecer condiciones ambientales más estables, con menores aportes de contaminantes y descargas residuales, lo que contribuiría a mantener un equilibrio en la disponibilidad de nutrientes y en la calidad del agua. Estas condiciones podrían reflejarse en comunidades epífitas mejor estructuradas, con una distribución más homogénea y una composición más cercana a condiciones naturales, reduciendo la dominancia de especies oportunistas asociadas a procesos de eutrofización. Estos resultados permitirían analizar la influencia conjunta de los factores fisicoquímicos, del tipo de sustrato y del nivel de presión urbana en la estructuración de las comunidades algales. En consecuencia, el estudio aportaría información base para el conocimiento ecológico de los manglares de la región y contribuiría al desarrollo de futuras

estrategias de monitoreo y conservación, considerando el potencial de las macroalgas como bioindicadores del estado ambiental en ecosistemas costeros.

Palabras clave: Macroalgas epífitas; Manglares; Caracterización taxonómica; Bahía de Cartagena; Bioindicadores; Caribe Colombiano; Preservación.

Colombia impulsa la ciencia biomolecular marina: consolidación y proyección regional de la red lacobon / Colombia promotes marine biomolecular science: consolidation and regional projection of lacobon network

Autores: Vanessa Yepes Narváez, PhD1*;David Alonso, MSc[1];y Francisco Arias, PhD[1].

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andréis" INVEMAR, Colombia. (* Vanessa Yepes hará la presentación del póster)

Resumen:

Colombia a través del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR (Colombia) ha liderado la creación y consolidación de la Red Latinoamericana y del Caribe de Observación Biomolecular del Océano (LACOBON), una iniciativa diseñada como respuesta estratégica a la subrepresentación histórica de la región en los sistemas globales de observación de la biodiversidad marina con el fin de articular capacidades, infraestructura y conocimiento en torno al monitoreo de la biodiversidad a partir de biomoléculas. Desde su formulación, Colombia ha desempeñado un papel central como articulador, facilitando la cooperación técnica y científica entre laboratorios regionales, organizaciones internacionales, agencias de financiación y actores filantrópicos. Este liderazgo ha permitido conectar necesidades locales con oportunidades globales, promoviendo alianzas estratégicas que fortalecen la implementación de herramientas como ADN ambiental (eDNA), metabarcoding, metagenómica y otras aproximaciones ómicas aplicadas a ecosistemas marino-costeros. LACOBON se enfoca en la armonización de protocolos de muestreo, el establecimiento de flujos de trabajo compartidos de laboratorio y el diseño de protocolos bioinformáticos interoperables. Estos esfuerzos se desarrollan colectivamente con instituciones de más de 13 países y se alinean con iniciativas y redes globales como OBON, OBIS-LAC y los principios FAIR. La estandarización metodológica impulsa la generación de datos comparables y de alta calidad para evaluar el estado de ecosistemas como arrecifes coralinos, manglares, praderas de pastos marinos, estuarios, playas, litorales rocosos y ambientes de profundidad.

La red busca integrar y visibilizar la producción científica de los países miembros, garantizando su interoperabilidad con repositorios internacionales como OBIS, GBIF e INSDC, promoviendo la transparencia, reutilización y accesibilidad de los datos, contribuyendo a la consolidación de una infraestructura abierta para la ciencia oceánica. El fortalecimiento de capacidades constituye otro pilar clave impulsado por Colombia. A través de INVEMAR, LACOBON promueve talleres regionales, cursos de formación especializada, esquemas de formación de formadores y oportunidades de movilidad para investigadores jovenes (ECOPs), con especial atención a instituciones con menor infraestructura biomolecular. Con estas acciones, INVEMAR posiciona a Colombia como un referente en la promoción de

la cooperación regional en ciencias biomoleculares marinas y contribuye a la consolidación de un sistema coordinado de observación que facilita la generación de conocimiento esencial para la conservación, la gestión adaptativa de los ecosistemas y el cumplimiento de compromisos internacionales en materia de biodiversidad marina.

Palabras clave: Red de colaboración, Observación biomolecular, ADN ambiental Marino, Región de Latinoamérica y el Caribe, Creación de capacidades
Keywords: Collaboration network; Biomolecular observation; Marine environmental DNA; LatinAmerican and Caribbean region; Capacity building

Comportamiento de forrajeo según el sexo de *Sula brewsteri* en la Isla Gorgona, Pacífico Colombiano / Sex-specific differences in foraging behavior in Sula brewsteri on Gorgona Island, Colombian Pacific

Autores: Alejandro Perlaza-Gamboa[1*] Alan Giraldo[1] Felipe A. Estela[2]

[1]Grupo Investigación Ecología Animal, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad del Valle.

[2]Departamento de Ciencias Naturales y Matemáticas, Pontificia Universidad Javeriana Cali.

Resumen:

Las aves marinas exhiben estrategias de forrajeo flexibles, y el dimorfismo sexual en tamaño ha sido propuesto como un factor que impulsa diferencias comportamentales entre sexos; sin embargo, los resultados siguen siendo inconsistentes entre especies. Para abordar esta hipótesis, se evaluó el comportamiento de forrajeo específico según el sexo en el piquero de Brewster (Sula brewsteri etesiaca) en la Isla Gorgona, Pacífico colombiano, mediante la instalación de dispositivos GPS para identificar las rutas que recorrieron estos individuos. Se capturaron seis machos y siete hembras durante la temporada reproductiva de 2021 y se obtuvieron 28 y 26 viajes de forrajeo, respectivamente. Con el fin de establecer las áreas de forrajeo general y principal se llevó a cabo el análisis de densidad de Kernel del 95% y 50% respectivamente y un análisis de representatividad de las áreas estimadas. Se utilizó el agrupamiento binario de máxima expectativa (EMbC) para determinar los diferentes comportamientos de los individuos durante el forrajeo según la velocidad y ángulo de giro. Finalmente, se analizaron las diferencias en los parámetros de forrajeo entre sexos por medio de análisis de varianza de modelos mixtos. Las hembras presentaron mayor tamaño y peso corporal y cubrieron áreas espaciales más extensas; no obstante, no se detectaron diferencias significativas en los parámetros de forrajeo, excepto en la duración de los viajes, que fue mayor en las hembras ($F = 6,7$; $p = 0,03$). Ambos sexos visitaron consistentemente áreas con menores temperaturas superficiales del mar en los sectores norte y occidental de la isla, identificadas mediante datos oceanográficos derivados de sensores satelitales. Estos hallazgos indican que la variabilidad ambiental, más que el dimorfismo sexual, podría influir en las estrategias de forrajeo en esta especie costera. La ausencia de diferencias entre el comportamiento según el sexo puede deberse al cuidado parental compartido y a la plasticidad comportamental de la especie. Al integrar telemetría GPS con sensores remotos satelitales, este estudio proporciona la primera evaluación del forrajeo por sexo en el piquero de Brewster en el Pacífico Oriental Tropical de Colombia y propone un marco novedoso para la modelación ecológica del uso de hábitat por aves marinas, lo que contribuye al avance de estrategias de conservación frente a condiciones oceánicas cambiantes.

Palabras clave: telemetría GPS, teledetección, modelación ecológica, ecología de forrajeo de aves marinas, conservación marina tropical
Keywords: GPS telemetry, multi-sensor remote sensing, ecological modeling, seabird foraging ecology, tropical marine conservation

Contribuciones al inventario nacional de briozoos: ambientes mesofóticos del PNN corales de profundidad / Contributions to the national inventory of bryozoans: mesophotic environments of the corales de profundidad national natural park

Autores: Paola Flórez[1]*, Jorge e. Cárdenas-H[2], Oscar Delgadillo-G.[1]

[1]MoAm S.A.S., Colombia.

[2]Servicio Nacional de Aprendizaje SENA-cnca, Colombia. (*Paola Flórez, presentación oral)

Resumen:

Frente a las costas de los departamentos de Bolívar, Sucre y Córdoba, en el quiebre de la plataforma continental, se descubrieron extensas comunidades de corales azooxantelados[1], 2. Este fue el punto de partida para la declaración del Parque Nacional Natural Corales de Profundidad (PNCCP). Desde su constitución se han realizado ingentes esfuerzos para evaluar la diversidad biológica y ecosistémica que alberga[1], 3, 4. Particularmente, el phylum Bryozoa cuenta con un inventario de 70 morfoespecies asociadas a los corales estructurantes y a los sedimentos circundantes, entre los 117 y 217 m de profundidad3. Sin embargo, el Museo de Historia Natural Marina de Colombia Makuriwa custodia material biológico que está a la espera de ser examinado en detalle. Con el objeto de contribuir al inventario de briozoos del PNNCP y al listado nacional de especies mediante el aprovechamiento de las colecciones biológicas del país, se evaluó la fauna proveniente de dos estaciones localizadas en los ambientes mesofóticos que no habían sido revisadas previamente. Las muestras fueron recolectadas durante la expedición Marcoral-Invemar-2005, con una draga Van Veen de 60 litros, en las estaciones D^{38} y D^{74} a 101 y 75 m de profundidad, respectivamente. Los sedimentos fueron tamizados a través de una malla de 2 mm y los bioclastos resultantes fueron lavados y secados a temperatura ambiente. El sorteo y la clasificación taxonómica se realizó mediante la observación de los caracteres morfológicos y morfométricos de los esqueletos, empleando equipos ópticos convencionales y microscopía electrónica de barrido. A la fecha se han identificado 83 morfoespecies, 88 % pertenecientes al orden Cheilostomatida y 10 % a Cyclostomatida. El 80 % de los taxones fueron de tipo incrustante y se encontraron adheridos a fragmentos de algas calcáreas geniculadas y no geniculadas, conchas de moluscos, otros briozoos, así como a corales, tubos de poliquetos, foraminíferos y guijarros. El 98 % de colonias analizadas estaban muertas y carecían de tejidos, membranas y apéndices quitinosos. Sin embargo, el deterioro de los esqueletos fue moderado, lo que sugiere que las especies se establecieron y desarrollaron cerca de los puntos de muestreo y presentaron un transporte limitado, posiblemente desde puntos más someros de la plataforma o desde los bajos circundantes. A partir de esta revisión, se encontraron 49 morfoespecies adicionales a las

reportadas previamente[3], por lo que el listado de briozoos del PNNCP incrementó a 119 morfoespecies. Entre ellas, 19 taxones son considerados nuevos registros para el Caribe colombiano y tres nuevas especies para la ciencia. Sin embargo, estas cifras pueden fluctuar al confirmar la totalidad del material, el cual aún está en proceso de identificación.

Palabras clave: inventarios taxonómicos, biodiversidad, área marina protegida (AMP), ambientes mesofóticos, Caribe colombiano
Keywords: taxonomic inventories, biodiversity, marine protected area (MAP), mesophotic environments, Colombian Caribbean.

Referencias:

1. Reyes, J., Santodomingo, N., Gracia, A., Borrero-Pérez, G., Navas, G., Mejía-Ladino, L. M., et al. 2005. Southern Caribbean azooxanthellate coral communities off Colombia. p. 309–330. En: A. Freiwald and J. M. Roberts (Eds.). Cold-water corals and ecosystems. Berlín Heidelberg, Springer-Verlag, 1243 p. 2. Santodomingo, N., Reyes, J., Gracia, A., Martínez, A., Ojeda, G., y García, C. 2007. Azooxanthellate *Madracis* coral communities off San Bernardo and Rosario Islands (Colombian Caribbean). Bulletin of Marine Science, 82(3): 273–287. 3. Cedeño-Posso, C., Polanco-F. A., Borrero-Pérez, G.H., Montoya-Cadavid, E., Flórez, P., Yepes-Narváez, V., Cárdenas-Oliva, A. Benavides-Serrato, M., Gracia-C. A., y Santodomingo, N. 2023. Fauna diversity in *Madracis* spp. coral patches in the Colombian Caribbean. Arxius de Miscel·lània Zoològica, 21: 105–128. 4. Cedeño-Posso, C., Vides-Casado, M., Rocha, V., Borrero-Pérez, G.H., Polanco-F., A., y Alonso, D. 2022. Benthic macrohabitat classi cation and *Madracis* spp. coral patch distribution in a deep-sea marine protected área of Colombia. Frontiers of Marine Science, 9:995419.

Corales someros como semilla para restauración: Una estrategia de adaptación al cambio climático a partir de soluciones basadas en la naturaleza

Autores: [1]Luis Gaitán-Sánchez*, [1]Catalina Gómez-Cubillos, [1]Helena Benavides-Marchena, [1]Carlos Daza-Guerra, [1]mc. /Rodríguez-Mojica y [1] s. Zea Grupo de investigación Fauna Marina Colombiana: Biodiversidad y Usos, Universidad Nacional de Colombia, sede Caribe, Instituto de Estudios en Ciencias del Mar – CECIMAR. Atte. Invemar, Playa Salguero, Santa Marta, Colombia. lgaitans@unal.edu.co; macgomezcu@unal.edu.co; caadazagu@unal.edu.co; mbenavidesma@unal.edu.co mrodriguezmoj@unal.edu.co; sezeas@unal.edu.co (*[1]Luis Gaitán-Sánchez hará presentación formato póster)

Resumen:

Los arrecifes coralinos son ecosistemas altamente vulnerables expuestos a disturbios globales, regionales y locales que comprometen su estructura, funcionamiento y capacidad de recuperación. Entre estas presiones se incluyen el aumento de la temperatura del mar, la acidificación oceánica, la contaminación, la sobrepesca y las alteraciones derivadas del uso costero. En el Caribe colombiano, estas amenazas han generado transformaciones importantes en la composición y cobertura arrecifal. Particularmente, la zona de Santa Marta ha perdido más del ~30% de su cobertura de coral vivo, amenazando tanto la estabilidad de los ecosistemas como el sustento de las comunidades costeras, que dependen de la pesca, la protección natural del litoral y el turismo para su desarrollo. En contraste, los arrecifes del Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT) han mantenido una cobertura coralina relativamente estable durante las últimas décadas (~40%), siendo uno de los sistemas arrecifales mejor conservados del Caribe colombiano. Esta estabilidad podría estar relacionada, en parte, con la entrada estacional de aguas frías entre diciembre y marzo, un proceso oceanográfico que modula las condiciones térmicas y podría amortiguar parcialmente los efectos del calentamiento. Sin embargo, la recurrencia y creciente intensidad de eventos extremos en los últimos 25 años (≥ 20 eventos registrados) sugieren que la resiliencia del sistema podría estar disminuyendo. En este contexto surgió Corales Someros (https://cemarin.org/es/portfolio_page/corales-someros- v/) una estrategia de restauración coralina basada en el traslado de pequeñas colonias masivas que ocurren naturalmente en hábitats litorales rocosos someros (<2 m) del PNNT. Aunque estas colonias no forman arrecifes consolidados, su presencia en ambientes marginales sugiere que poseen características ecológicas valiosas y podrían funcionar como colonias semilla en procesos de restauración activa. La estrategia consistió en recolectarlas y trasladarlas a arrecifes de profundidad media (8–15 m), donde fueron fijadas a distintos sustratos para favorecer su supervivencia, crecimiento e integración al ambiente receptor. Este enfoque supera limitaciones de la restauración convencional al reducir la dependencia de la fragmentación clonal, eliminar la necesidad de viveros y disminuir los costos de trasplante y monitoreo. Los resultados preliminares respaldan su viabilidad: de 186 colonias trasplantadas, más del 90% sobrevivió

durante el periodo inicial de seguimiento. Además, el proyecto incorporó un componente social mediante la participación de la comunidad de Gayraca y los comuneros del Cabildo Indígena de Taganga, a través de 40 días de trabajo de campo, certificaciones de buceo autónomo, un curso en ecología arrecifal y actividades de apropiación social del conocimiento. En conjunto, Corales Someros promueve un modelo de restauración coralina basado en la dinámica ecológica, la conservación de la diversidad genética y la tolerancia térmica, articulando la participación comunitaria, el involucramiento activo del personal de Parques Nacionales Naturales y la consolidación de un grupo de investigación como pilares para la recuperación arrecifal a largo plazo.

Palabras clave: Restauración coralina, soluciones basadas en la naturaleza, arrecifes coralinos, participación comunitaria, Caribe colombiano.

Crisis actual en la taxonomía morfológica: *Tribu Ceramieae* (*rhodophyta*) en Colombia como caso de estudio / Current crisis in morphological taxonomy: The Tribe Ceramieae (*rhodophyta*) in Colombia as a case study

Autores: Álvaro Sandoval-Riveros[1] y Brigitte Gavio[1]

[1] Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Departamento de Biología, Edificio 421, Laboratorio de Biología Marina, Carrera 30 Calle 45, Ciudad Universitaria, Bogotá D.C., Colombia. (*Álvaro Sandoval-Riveros hará presentación oral)

Resumen:

El concepto unificado de especie define a las especies como linajes de metapoblaciones que evolucionan de manera independiente. Criterios como el aislamiento reproductivo, la ecología, la morfología, la monofilia y la evidencia filogenética son líneas de evidencia complementarias para inferir la divergencia. La independencia evolutiva constituye el criterio central[1]. Actualmente, existe una marcada tendencia hacia la sistemática molecular, con énfasis en datos de secuencias, lo que ha desplazado parcialmente la taxonomía morfológica. En algunos casos, la descripción de nuevas especies se basa principalmente en secuencias genéticas, acompañadas de descripciones morfológicas limitadas[2,3]. Aunque las herramientas moleculares han mejorado la resolución en la delimitación de linajes, la falta de información morfológica detallada dificulta la identificación práctica de especies, especialmente cuando no se dispone de análisis moleculares. En este sentido, la morfología sigue siendo un componente esencial para la identificación de organismos y para describir nuevas especies. Sin embargo, en grupos como las macroalgas persisten desafíos importantes relacionados con la delimitación de caracteres, la estandarización de medidas y la identificación de rasgos diagnósticos. Este estudio tuvo por objetivo evidenciar el potencial de la taxonomía morfológica en la tribu Ceramieae C. Agardh ex Greville mediante el análisis de muestras de diversos géneros (Centroceras, Corallophila, Ceramium, Gayliella, Pseudoceramium, Ceramothamnion y Yoneshiguea) en muestras de diverso origen geográfico. Este enfoque permitió fortalecer la identificación y delimitación taxonómica a partir de evidencia morfológica. Uno de los hallazgos más relevantes es que cerca del 50% de los organismos analizados del Caribe colombiano no coinciden con especies previamente descritas[4], lo que sugiere la posible existencia de nuevas especies. Esta situación se atribuye a la escasez de estudios morfológicos detallados en el Atlántico tropical y a las dificultades de recolección, ya que muchas especies son epífitas, pequeñas o no se recolectan fértiles. Un aspecto clave para la identificación de los géneros y las especies es el desarrollo de la corticación. Se identificaron errores comunes en la interpretación morfológica, especialmente en el reconocimiento de células pseudoperiaxiales y filamentos basipétalos, lo que ha generado confusiones taxonómicas[5,6,7.] Superar estos errores requiere comprender con precisión el origen y disposición de las células corticales. El análisis del desarrollo cortical a lo largo del

eje del alga, junto con la evaluación y estandarización de otros caracteres, constituye una herramienta integral para la identificación taxonómica[8,9]. Aunque aún existen solapamientos morfológicos entre géneros, los avances recientes han permitido definir caracteres diagnósticos más precisos, mejorando significativamente la identificación dentro de la tribu Ceramieae.

Palabras clave: Taxonomía, morfología, algas rojas, desarrollo cortical.
Keywords: Taxonomy, morphology, red algae, cortical development

Referencias:

1 De Queiroz, K. (2007). Species concepts and species delimitation. Systematic Biology, 56(6), 879–886. https://doi.org/10.1080/10635150701701083 2 Díaz–Tapia, P. y Verbruggen, H. (2023 '2024'). Resolving the taxonomy of the Polysiphonia scopulorum complex and the Bryocladia lineage (Rhodomelaceae, Rhodophyta). Journal of Phycology 60(1): 49–72, 13 figures. 3 Draisma, S.G.A. y Sauvage, T. (2024). A tufA reference sequence library for the green algal genus Caulerpa (Bryopsidales). Jeju Journal of Island Sciences 1(1): 1–11, 1 figure. 4 Guiry, M.D. y Guiry, G.M. (2025). AlgaeBase. National University of Ireland, Galway. http://www.algaebase.org (Acceso febrero 2026). 5 Barros-Barreto, M.B., Fujii, M.T., y Yoneshigue-Valentin, Y. (2007). Morphological study of Ceramium clarionense (Ceramiaceae, Rhodophyta) in the Atlantic Ocean. Cryptogamie, Algologie, 28(2), 129–139. 6 Barros-Barreto, M.B., McIvor, L., Maggs, C.A. & Ferreira, P.C.G. (2006). Molecular systematics of Ceramium and Centroceras (Ceramiaceae, Rhodophyta) from Brazil. Journal of Phycology, 42: 905-921. 7 Lagan, E.J.C. & Trono, G.C. Jr. (2017). Notes on Ceramium Roth and Gayliella TO Cho, LJ McIvor et SM Boo (Rhodophyta, Ceramiaceae) from the Philippines. Philippine Science Letters, 10:38-49. 8 Womersley, H.B.S. (1978). Southern Australian species of Ceramium Roth (Rhodophyta). Australian Journal of Botany, 29: 205–257, 15 figs. 9 Cho, T.O., Boo, S.M., Hommersand, M.H., Maggs, C.A., McIvor, L. y Fredericq, S. (2008). Gayliella gen. nov. in the tribe Ceramieae (Ceramiaceae, Rhodophyta) based on molecular and morphological evidence. Journal of Phycology, 44: 721–738, 11 figs.

Dinámica espacial del ensamblaje de macroalgas en litorales rocosos del departamento de Bolívar, Colombia / Spatial dynamics of macroalgal assemblages on rocky shores of Bolívar department, Colombia

Autores: Andy A. Acosta-Monterrosa[1*], Adriana Macías-Posada[1], Jimena Bohorquez-Herrera[1], Gabriel R. Navas-S[2], Alejandro Henao-Castro1.

[1.] Grupo de investigación Tropical Aquatic Ecology, Programa de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia.

[2] Grupo de investigación Hidrobiología, Programa de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia.

Resumen:

Los litorales marino-costeros son ecosistemas de gran diversidad biológica; sin embargo, las infraestructuras artificiales alteran la estructura comunitaria natural al presentar diferentes condiciones abióticas (1). Dado el vacío de conocimiento ficológico en el Caribe colombiano (2), el objetivo de este estudio fue evaluar la dinámica espacial, abundancia y composición del ensamblaje de macroalgas en litorales rocosos con condiciones ambientales diferentes, analizando uno natural (Isla Tesoro) con respecto a uno artificial (espolones de Marbella) en Cartagena, analizando su relación con parámetros fisicoquímicos. La metodología incluyó la estimación visual de coberturas en cuadrantes de 0.25 m² sobre transectos en las zonas supralitoral, mesolitoral e infralitoral (3). Se calcularon curvas de acumulación de especies, índices de diversidad alfa y beta, y dendrogramas de similitud de Bray-Curtis. Los resultados preliminares evidenciaron un esfuerzo de muestreo representativo. En Isla Tesoro (época seca), se registró una alta riqueza de 48 taxones con cobertura equilibrada y mayor diversidad (índice de Shannon-Wiener = 2.902), coincidiendo con condiciones fisicoquímicas óptimas como pH de 7.98 y 85.5% de saturación de oxígeno. En contraste, en el litoral artificial de Marbella (época de transición) se encontró una menor riqueza (34 taxones) y una estructura simplificada con alta dominancia (0.2215) de clorofitas y rodofitas oportunistas como Gracilaria cf. flabelliformis y Caulerpa sertularioides. Las condiciones en Marbella fueron más estresantes, con pH de 6.97, mayor temperatura (29.0 °C) y menor oxígeno disuelto (71.6%). El índice de diversidad beta de Whittaker (0.78049) demostró un elevado recambio de especies entre ambos ecosistemas. Se destaca que los sustratos artificiales concentran la cobertura en pocas especies tolerantes a condiciones urbanas y de baja renovación hídrica, diferenciándose significativamente de la heterogeneidad espacial de los sustratos naturales. Se concluye que el litoral con presencia de protección costera analizada (artificial) alberga un ensamblaje macroalgal distinto al natural, diferencia que no solo se podría presentar por la estructura en sí, sino por variables ambientales como la exposición al oleaje,

impacto antrópico, tiempo que la exposición de la estructura desde que fue colocada, entre otros factores que se siguen analizando.

Palabras clave: Estructura comunitaria, Sustrato artificial, Litoral rocoso, Diversidad beta, Caribe colombiano
Keywords: Community structure, Artificial substrate, Rocky shore, Beta diversity, Colombian Caribbean.

Referencias:

1. 2. 3. Bulleri F, Chapman MG. The introduction of coastal infrastructure as a driver of change in marine environments. Journal of Applied Ecology. 2010. p. 26–35. doi:10.1111/j.1365-2664.2009.01751.x Diaz-Pulido G, Garzón-Ferreira J. Seasonality in algal assemblages on upwelling-influenced coral reefs in the Colombian Caribbean. Botanica Marina. 2002;45(3):284–92. doi:10.1515/BOT.2002.028 Dethier M, Graham E, Cohen S, Tear L. Visual versus random-point percent cover estimations: "objective" is not always better. Mar Ecol Prog Ser. 1993;96:93–100. doi:10.3354/meps096093

Dinámica poblacional de *acropora palmata* en San Andrés Isla: tres décadas de monitoreo en la Reserva de Biosfera Seaflower / Population dynamis of *acropora palmata* in San Andrés Island: three decades of monitoring the Seaflower Biosphere Reserve

Autores: Alexandra Pineda-Muñoz[1]*,Valeria Pizarro[2], Alfredo Abril-Howard[1] y Rubén Azcarate[3].

1. Universidad Nacional de Colombia – Sede Caribe.

2. Perry Institute for Marine Science

3. Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina – CORALINA

Resumen:

Acropora palmata, uno de los principales constructores de arrecifes someros del Caribe, ha experimentado un declive regional superior al 90 % y actualmente se encuentra críticamente amenazada. En San Andrés Isla, dentro de la Reserva de Biosfera Seaflower, se dispone de uno de los registros de monitoreo más largos para esta especie, lo que permite evaluar su trayectoria poblacional bajo un régimen de protección a largo plazo. El objetivo de este estudio fue analizar la dinámica poblacional de *A. palmata* entre 1995 y 2025 en un arrecife somero representativo de la isla. Para ello, se integraron datos históricos de monitoreo ecológico obtenidos mediante protocolos estandarizados (CARICOMP, SIMAC y evaluaciones tipo RRA) con monitoreos de campo recientes realizados en 2023, 2024 y 2025, utilizando la cobertura coralina como indicador de la trayectoria poblacional. Los resultados muestran una disminución de la cobertura de *A. palmata* de aproximadamente 45 % en 1995 a menos del 2 % en 2025, lo que representa una pérdida cercana al 98 %. Se identificaron tres fases de declive: una reducción inicial entre 1995 y 2006 (45 % a 16 %), una fase de deterioro progresivo entre 2006 y 2021 (16 % a 12 %) y un colapso abrupto posterior al evento de blanqueamiento masivo de 2023, sin evidencia de recuperación en los monitoreos recientes. El análisis estadístico confirmó una tendencia negativa significativa (Kendall's Tau = –1.0, p = 0.017; R^2 = 0.865), evidenciando un proceso de deterioro sostenido. Las observaciones de campo indican ausencia de reclutamiento, baja densidad de colonias y predominio de estructuras muertas, lo que sugiere una pérdida de funcionalidad ecológica y una limitada capacidad de recuperación natural. Estos resultados evidencian que, a pesar de tres décadas de protección dentro de la Reserva de Biosfera Seaflower, las poblaciones de *A. palmata* han seguido una trayectoria de declive consistente con patrones regionales asociados al cambio climático, lo que pone en evidencia las limitaciones de la protección espacial como única estrategia de conservación. Se concluye que la protección espacial por sí sola es insuficiente para garantizar la

persistencia de la especie, y que se requieren estrategias que combinen restauración activa y manejo adaptativo frente al cambio climático.

Palabras clave: *Acropora palmata,* Arrecifes Coralinos, Área Marina Protegida, Cambio Climático, Seaflower
Keywords: *Acropora palmata,* Climate Change, Coral Reefs, Marine Protected Area, Seaflower

Diversidad genética y estructura poblacional de *acropora palmata* en San Andrés Isla, reserva de Biósfera Seaflower / Genetic diversity and population structure of a*cropora palmata* in San Andrés Island, Seaflower Biosphere Reserve

Autores: Alexandra Pineda-Muñoz[1]* y Luis Parmenio Suescún-Bolívar[2]

1 Universidad Nacional de Colombia – Sede Caribe 2 Universidad de Cartagena

Resumen: *Acropora palmata*, uno de los principales constructores de arrecifes someros del Caribe, ha experimentado reducciones poblacionales severas que comprometen su abundancia, su diversidad genética y capacidad de recuperación. En San Andrés Isla, dentro de la Reserva de Biósfera Seaflower, persisten poblaciones remanentes distribuidas de manera heterogénea, lo que plantea interrogantes sobre su estructura genética y viabilidad a largo plazo. El objetivo de este estudio fue caracterizar la diversidad genética y la estructura poblacional de *A. palmata* en diferentes arrecifes de la isla. Para ello, se recolectaron muestras de tejido de colonias adultas en múltiples sitios representativos y se analizaron mediante marcadores genómicos de alta resolución, con el fin de identificar genotipos, estimar diversidad genética y evaluar patrones de estructura poblacional. Los resultados evidencian una marcada dominancia de propagación clonal y una proporción limitada de genotipos únicos, así como una estructura espacial diferenciada entre arrecifes, con núcleos poblacionales que concentran la mayor variabilidad genética. Estos patrones sugieren una reducción en la diversidad genética efectiva y una potencial limitación en el intercambio genético entre sitios, lo que podría afectar la capacidad adaptativa de la especie frente a disturbios ambientales. En este contexto, la presencia de núcleos con mayor diversidad genética resalta su importancia como unidades clave para la conservación. Se concluye que la recuperación de *A. palmata* en la Reserva de Biosfera Seaflower dependerá no solo de la protección de colonias remanentes, sino de la implementación de estrategias que integren la conservación de la diversidad genética, el manejo de la clonación y el fortalecimiento de la conectividad entre poblaciones.

Palabras clave: Clonación, Genotipos, Conectividad Poblacional, Variabilidad Genética, Conservación de Corales
Keywords: Clonality, Genotypes, Population Connectivity, Genetic Variability, Coral Conservation

Diversidad y conectividad genética de dos especies de delfines en el Caribe y Pacífico tropical / Genetic diversity and connectivity of two dolphin species in the Caribbean and tropical Pacific

Autores: Dalia C. Barragán-Barrera*[1,2,3]; María Alejandra Duarte-Fajardo[4]; Camilo A. Correa- Cárdenas[5]; Nohelia Farías-Curtidor[4]; Lissette Trejos Lasso[2,6]; Betzi Pérez-Ortega[2,7,8]; Shakira G. Quiñones-Lebrón[9]; Antonio A. Mignucci-Giannoni[10,11] José Julio Casas[2,12]; Roberto Santamaria Valverde[12] y Susana Caballero[13]

1. Fundación Oceanidad, Girón, Colombia.

2. Fundación Panacetacea, Estados Unidos y Panamá.

3. R&E Ocean Community Conservation, Oakville, Canadá.

4. Investigadora Independiente, Bogotá, Colombia.

5. Grupo de Investigación en Enfermedades Tropicales del Ejército (GINETEJ), Laboratorio de Referencia e Investigación, Dirección de Sanidad, Ejército Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

6. Dirección de Costas y Mares, Ministerio de Ambiente, Ancón, Panamá.

7. Biology Department and Redpath Museum – McGill University, Montreal, Canada.

8. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. Ciudad de Panamá, Panamá.

9. Morigenos - Slovenian Marine Mammal Society, Piran, Slovenia

10. Centro de Conservación de Manatíes del Caribe, Universidad Interamericana de Puerto Rico, Bayamón, Puerto Rico.

11. Center for Conservation Medicine and Ecosystem Health, Ross University School of Veterinary Medicine, St. Kitts West Indies.

12. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Marítima Internacional de Panamá – UMIP, Ciudad de Panamá, Panamá.

13. Marine and Environmental Sciences Department, Guy Harvey Oceanographic Institute, Halmos College, Nova Southeastern University, Dania Beach, Florida, USA.

Resumen:

Los delfines de dientes rugosos (*Steno bredanensis*) y nariz de botella común (*Tursiops truncatus*) son especies ampliamente distribuidas en aguas tropicales; sin embargo, el conocimiento sobre su estructura genética en el Caribe y Centroamérica sigue siendo limitado. El delfín de dientes rugosos es típicamente oceánico, con algunos registros en aguas costeras del Caribe. El delfín nariz de botella común presenta formas genéticas 2 diferenciadas ("costera" y "mundialmente distribuida"), con implicaciones ecológicas y de manejo. El objetivo de este estudio fue evaluar la diversidad y estructura genética de ambas especies mediante el análisis de la región control del ADN mitocondrial (mtDNA- CR), integrando muestras de Colombia (Caribe), Panamá (Caribe y Pacífico), Puerto Rico y el Gran Caribe. Se analizaron muestras de piel obtenidas mediante biopsia remota y de individuos varados (S. bredanensis: Colombia N=5, Panamá N-Caribe=1, N-Pacífico=9, y Puerto Rico N=3; T. truncatus: Colombia N=7, Panamá N=19), amplificando fragmentos de ~534–750 pb mediante PCR y comparándolos con secuencias disponibles en bases de datos globales. Los resultados evidenciaron una marcada estructuración genética en el delfín de dientes rugosos entre océanos, con diferenciación significativa (ΦST) y alta diversidad dentro de filogrupos. Para esta especie se identificaron tres linajes en el Atlántico (Caribe, norte y sur), así como indicios de conectividad entre el Caribe y el Pacífico. En el Pacífico, las muestras de Panamá sugieren conectividad genética y la ausencia de filogrupos diferenciados identificados en estudios previos. Por su parte, en el delfín nariz de botella común se detectaron dos filogrupos en el Caribe con alta diversidad haplotípica, diferenciando las poblaciones filopátricas de la forma costera (con baja variabilidad genética) de Panamá, Bahamas, Cuba y México, frente a un grupo más amplio y diverso de la forma mundialmente distribuida que incluye Colombia, Costa Rica, Honduras y Puerto Rico. Particularmente en Colombia se identificaron haplotipos nuevos y la coexistencia de ambas formas genéticas. Estos resultados sugieren patrones contrastantes de filopatría y conectividad entre especies, así como una compleja estructura poblacional en la región. En conjunto, la evidencia resalta la importancia de Centroamérica y el Caribe como zonas clave para comprender la conectividad entre cuencas oceánicas y la diversificación genética de cetáceos. Nuestros resultados muestran que, a pesar de la aparente amplia distribución de ambas especies, existen unidades requieren enfoques de manejo específicos, poblacionales diferenciadas que particularmente para las poblaciones costeras del delfín nariz de botella común. Asimismo, se enfatiza la necesidad de ampliar el muestreo y los estudios genéticos y ecológicos para definir unidades de manejo y fortalecer estrategias de conservación en el Caribe y Pacífico tropical.

Palabras clave: estructura genética, ADN mitocondrial, delfín nariz de botella, delfín de dientes rugosos, filogrupos.
Keywords: genetic structure, mitochondrial DNA, bottlenose dolphin, rough-toothed dolphin, phylogroups.

Diversidad y conectividad genética del pasto marino *Thalassia testudinum* en el Caribe Colombiano / Genetic Diversity and Connectivity of the Seagrass *Thalassia testudinum* in the Colombian Caribbean

Autores: Edison Lea Charris M.Sc.[1]*; Vanessa Yepes Narváez Ph.D.[1]; Hector Reyes Roman B.Sc.[2]; David Alonso Carvajal M.Sc.

[1] Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andréis" INVEMAR, Colombia

[2.] Pontificia Universidad Javeriana, Programa de Biología, Colombia (* Edison Lea Charris hará la presentación oral)

Resumen:

Las praderas de pastos marinos representan componentes estructurales fundamentales de los ecosistemas marinos tropicales, debido a su papel en la provisión de hábitat, estabilización sedimentaria, secuestro de carbono y soporte trófico para una amplia diversidad biológica. En particular, Thalassia testudinum, especie dominante en el Caribe, constituye un elemento clave para el funcionamiento ecológico de estos sistemas. No obstante, su resiliencia frente a perturbaciones naturales y antrópicas depende en gran medida de la diversidad genética y la conectividad entre poblaciones, variables que aún se encuentran pobremente caracterizadas en el Caribe colombiano. En este contexto, el presente estudio evaluó la diversidad genética, estructura poblacional y conectividad regional de T. testudinum a lo largo de diversos sectores del Caribe colombiano, abordando de manera explícita la influencia de la reproducción clonal sobre la inferencia poblacional. El análisis incluyó 504 individuos distribuidos en 17 localidades muestreadas entre 2017 y 2025. Se emplearon nueve loci microsatelitales y se eliminaron genotipos clonales para evitar pseudorreplicación, garantizando así una representación adecuada de la variabilidad genética real. El porcentaje de datos faltantes fue bajo (3%), lo que asegura robustez en los análisis. En total se detectaron 160 alelos, con un promedio de 17,8 alelos por locus, y un número efectivo medio de alelos de 3,58, valores que reflejan una diversidad genética moderada a alta a escala regional. Los patrones espaciales evidenciaron una marcada heterogeneidad en la riqueza alélica estandarizada (Ar ≈ 3,8–6,6), sugiriendo variaciones en los niveles de conectividad, condiciones ambientales locales o historias demográficas diferenciadas entre localidades. La heterocigosidad observada (Ho ≈ 0,59) fue consistentemente menor que la heterocigosidad esperada tanto a nivel intrapoblacional (Hs ≈ 0,71) como total (Ht ≈ 0,83). Este déficit de heterocigotos se ve reflejado en un coeficiente de endogamia multilocus significativo (Gis ≈ 0,17; $p < 0,01$), lo cual indica la presencia de subestructuración poblacional, niveles incompletos de conectividad genética o posibles procesos locales de endogamia. Los análisis de estructura genética, mediante el enfoque bayesiano de STRUCTURE, identificaron dos grupos genéticos principales

(K = 2), con señales adicionales de subestructura fina. De manera complementaria, el Análisis Discriminante de Componentes Principales (DAPC) evidenció una diferenciación parcial entre grupos, aunque con cierto solapamiento, patrón coherente con una conectividad genética moderada. En conjunto, los resultados sugieren que la estructura genética de T. testudinum en el Caribe colombiano está influenciada más por procesos oceanográficos regionales, dispersión episódica de propágulos sexuales, heterogeneidad ambiental y grados variables de fragmentación del hábitat, que por la dominancia clonal a nivel local. Este estudio demuestra que, aunque la diversidad genética regional es elevada, existen señales claras de estructuración poblacional y déficit de heterocigosidad, características que reflejan la dinámica ecológica y evolutiva de las fanerógamas marinas tropicales. Los hallazgos subrayan la necesidad de incorporar explícitamente la dimensión genética en diferentes herramientas de planificación y conservación de este ecosistema estratégico para Colombia, dada su importancia para la resiliencia ante el cambio climático (sumidero de carbono) y las crecientes presiones antrópicas en zonas costeras del Caribe.

Palabras clave: Pastos Marinos, Genética Poblacional, Conectividad Genética, Biodiversidad Costera, *Thalassia testudinum*
Keywords: Seagrass, Population Genetics, Genetic Connectivity, Coastal Biodiversity, *Thalassia testudinum*

Diversidad y sucesión ecológica de briozoos: caso de la monoboya valeria, Santa Marta, Colombia / Diversity and ecological succession of bryozoans: the case of the valeria monobuoy, Santa Marta, Colombia

Autores: Nicolas García[1]*, Olga Camacho[1],2, Paola Flórez[3], Juan Carlos Narvaez[1],[2]

1 Facultad de ciencias básicas, Universidad del Magdalena, Santa Marta.

2 Grupo de investigación, GIESEMOL, Universidad del Magdalena, Santa Marta.

3 MoAm S.A.S., Santa Marta. (*Nicolas García presentación de poster)

Resumen:

La monoboya Valeria fue empleada durante 30 años para realizar las operaciones de importación de hidrocarburos refinados en el sector de Pozos Colorados, Santa Marta. Una vez concluyó su vida útil, fue sumergida el 31 de agosto de 2024 por CENIT-ECOPETROL para transformarse en un arrecife artificial que cumpliera con los propósitos de fortalecer los servicios ecosistémicos en beneficio de la biodiversidad marina local y de las comunidades pesqueras. Así mismo, entender los procesos de sucesión ecológica marina en sistemas artificiales. Los briozoos son uno de los grupos más representativos de la epifauna marina, debido a su capacidad de colonizar diversos tipos de sustrato; ser pioneros en los procesos de sucesión biológica y generadores de micro-hábitats. Este trabajo evaluó la diversidad y sucesión ecológica de los briozoos asociados a la monoboya. Con su hundimiento, se instalaron verticalmente 36 placas de asentamiento de acero anticorrosivo (26x26 cm) del mismo material de la monoboya. El retiro de tres placas por muestreo se hizo trimestralmente a partir de los tres meses del hundimiento, con un total de cinco muestreos hasta la fecha (diciembre-2024, marzo, junio, noviembre-2025 y marzo-2026) mediante buceo autónomo. Se determinó en ambos lados de cada placa el porcentaje de cobertura de las morfo-especies por medio del método de cuadrante y el programa CPCe. Adicionalmente, para realizar la identificación taxonómica se removió parte del material y se analizó bajo equipos ópticos de magnificación. Como era de esperarse, los briozoos fueron predominantes al inicio del monitoreo (diciembre 2024 y marzo 2025), llegando a presentar hasta un 44 % de cobertura en las placas extraídas. A la fecha, se han identificado siete morfoespecies, tres a nivel de especie, dos a género, una a orden y una con nomenclatura abierta. Entre ellas se destacan Licornia sp. (0.3, 5, 23.3, 25.3, y 8 %), Schizoporella sp. (15.3, 13.8, 7.7, 4.3 y 8.5 %), Catenicella uberrima (0, 3.5, 7.0, 0.2 y 0 %) y Amathia distans (13.3, 16.8, 4.7, 0.3, y 0 %) por ser las más abundantes. Licornia sp. fue el género con mayor incremento de cobertura durante el tiempo de muestreo, mientras que A. distans fue la de mayor cobertura en los primeros seis meses, decayendo en los últimos dos muestreos. Aetea cf. cultrata (0.5, 0, 0, 0 y 0 %), Savignyella lafontii (4.2, 1.7, 1.3, 0 y 0 %) y un Ctenostomatida (0, 0, 0.1, 0 y 0 %) obtuvieron un porcentaje de cobertura bajo

que se mantuvo durante todo el muestreo. El ensamblaje de especies de briozoos encontrado en este estudio es similar al registrado en colectores plásticos instalados en el área de Santa Marta (e.g, C. uberrima, S. lafontii)1, así como en las plataformas de extracción de gas Chuchupa de La Guajira (e.g., S. lafontii, Aetea sp, Schizoporella* sp.)2. Estos organismos fueron clave en la monoboya Valeria al formar estructuras rígidas o articuladas que ofrecieron refugio a otros organismos, principalmente artrópodos móviles, evidenciando procesos de colonización, sucesión ecológica y un aumento notable de la biodiversidad.

Palabras clave: Bryozoa, arrecifes artificiales, epifauna, sucesión ecológica, colonización primaria
Keywords: Bryozoa, artificial reefs, epifauna, ecological succession, primary colonization.

Referencias:

1. Delgadillo-G., O., & Flórez, P. (2015). Primeros registros del Phylum Bryozoa asociados a hábitats artificiales en el Caribe colombiano. Latin American Journal of Aquatic Research, 43(1), 33–45. <https://doi.org/10.3856/vol43-issue1-fulltext-4> 2. Flórez, P. (2007). Bryozoan fauna associated with gas platforms offshore in the Colombian Caribbean. En S. Hageman & F. McKinney (Eds.), Abstract with program: 14th Meeting of the International Bryozoology Association (p. 21). Boone, North Carolina.

Dos décadas de investigación: la historia de la exploración marina profunda en Colombia / Two decades of research: the history of deep-sea exploration in Colombia

Autores: David Alonso, MSc[1]\; *Martha Vides, MSc[1]; Cristina Cedeño, MSc[1]; Mario Rueda, PhD[1]; Constanza Ricaurte, PhD[1]; David Morales, MSc[1]; Vanessa Yepes, PhD[1] y Francisco Arias, PhD[1].*

1. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andréis" INVEMAR, Colombia. (\ David Alonso hará la presentación oral)

Resumen:

La exploración del océano profundo constituye uno de los mayores desafíos científicos contemporáneos, dado que este ecosistema es el más extenso y menos conocido del planeta, permanece en gran medida inexplorado. En Colombia, el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR) ha desempeñado un papel fundamental en el avance del conocimiento sobre los ambientes marinos profundos, consolidándose desde finales del siglo XX como la institución líder en la investigación oceánica del país.

Desde 1998, INVEMAR ha coordinado y ejecutado múltiples expediciones científicas en aguas profundas del Caribe y el Pacífico colombianos. Estas campañas han permitido alcanzar profundidades máximas de 4.220 m en el Caribe y 3.900 m en el Pacífico, constituyendo hitos relevantes para el conocimiento de esto ambientes profundos. Las expediciones se han desarrollado en articulación con entidades gubernamentales como la DIMAR, PNNC, ANH y con apoyo de la academia, lo que ha posibilitado un abordaje multidisciplinario y la integración de capacidades científicas, tecnológicas y logísticas. Un punto de inflexión en la historia reciente de la exploración marina profunda en Colombia ocurrió a partir de 2014, cuando INVEMAR incorporó de manera sistemática tecnologías de exploración no extractiva. Entre estas herramientas se destacan los Vehículos Operados Remotamente (ROV), las cámaras de deriva, el ADN ambiental (eDNA), bioacustica y otros dispositivos tipo BRUVs que permiten caracterizar hábitats mesofóticos y profundos sin generar impactos físicos sobre los ecosistemas. Estas innovaciones han sido esenciales para el estudio de áreas estratégicas como el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina; el Parque Nacional Natural Corales de Profundidad, el Domo de Tumaco, el Santuario de Fauna y Flora Malpelo, la Reserva Natural Cordillera submarina Beata y el DNMI Colinas y Lomas del Pacifico Norte, en donde se han documentado comunidades biológicas altamente especializadas, especies indicadoras de ecosistemas marinos vulnerables (VMEs) asociadas a diferentes rasgos morfológicos del fondo marino. Los resultados acumulados durante dos décadas de investigación han tenido un impacto directo en la conservación marina del país. La información generada ha contribuido significativamente a la ampliación, y declaración de nuevas Áreas Marinas Protegidas (AMP). El avance del conocimiento sobre la biodiversidad profunda ha permitido identificar nuevas especies para la ciencia y registrar cientos de

nuevas ocurrencias biogeográficas para Colombia, evidenciando la riqueza y singularidad de los ecosistemas profundos nacionales. La trayectoria de INVEMAR demuestra que la exploración del océano profundo no solo es una frontera científica, sino también una herramienta esencial para la planificación ambiental y la toma de decisiones en materia de conservación. Por tanto, la iniciativa regional denominada «Alianza Océano Profundo del Pacífico Tropical Oriental», nació para potenciar la investigación y los esfuerzos de conservación de las aguas profundas a lo largo del Corredor Marino del Pacífico Tropical Oriental (CMAR). En los últimos años este trabajo colaborativo entre investigadores e instituciones oceánicas de Costa Rica, Panamá, Colombia y Ecuador, ha permitido proponer y avanzar sobre nuevos retos en cuanto a investigación y gestión del conocimiento.

Palabras clave: Océano profundo, Biodiversidad marina, Comunidades mesofóticas, Pacifico colombiano; Caribe colombiano
Keywords: Deep Ocean; Marine biodiversity; Mesophotic communities Colombian Pacific; Colombian Caribbean.

Ecosistemas marino-costeros estratégicos del Pacífico norte chocoano: riqueza oculta revelada / Strategic marine and coastal ecosystems of the northern pacific off the coast of Chocó: hidden treasures unveiled

Autores: Edgar Fernando Dorado-Roncancio, M.Sc.[1]*; Luis Chasqui M.Sc.[1]; Mauricio Bechara Escudero, Cand. Ph.D.[3]; Luz Ángela López de Mesa, Ph.D.[2], Natalia Ossa Hernandez, Ph.D[.2]; Edgardo Londoño-Cruz, Ph.D.[2]; Martha Vides Casado, M.Sc.[1]; David Alonso Carvajal, M.Sc.[1].

1 Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR. Santa Marta, Colombia.

2 Universidad del Valle. Cali, Colombia.

3 Universidad Tecnológica del Chocó. Quibdó, Colombia. (*Edgar Fernando Dorado-Roncancio hará la presentación oral)

Resumen:

La región Biogeográfica del Chocó, en el Pacífico norte colombiano, se reconoce como hotspot global de biodiversidad; sin embargo, algunos ecosistemas marino-costeros estratégicos como manglares, litorales rocosos, planos lodosos intermareales, arrecifes rocosos y el ambiente pelágico, siguen poco documentados, particularmente hacia el límite fronterizo con Panamá, en los sectores de Juradó y bahía Cupica. Esta brecha limita la cuantificación de la biodiversidad marina y debilita la base para la planificación espacial marina y la conservación, lo que hace esenciales los inventarios taxonómicos en esta región tropical. En este contexto, las expediciones Colombia BIO desempeñan un papel fundamental en la generación de nuevo conocimiento en áreas de frontera, integrando los saberes ancestrales de los Consejos Comunitarios de Cupica y Los Delfines con el conocimiento académico de la Universidad del Valle (UV), Universidad Tecnológica del Chocó (UTCH) e INVEMAR, con el objetivo de documentar la biodiversidad en ecosistemas estratégicos entre Juradó y bahía Cupica. En 2024, la expedición BIO Juradó-Cupica muestreó 34 estaciones (0-42 m profundidad) en cinco ecosistemas estratégicos del área. Expertos identificaron más de 500 morfoespecies mediante taxonomía comparada, basada en características morfológicas observables y análisis moleculares en donde se recolectaron muestras de tejido de taxones seleccionados para el análisis de ADN (p.e. códigos de barras COI, 28S y 18S), en laboratorios de la UV, UTCH e INVEMAR, abarcando 10 filos de invertebrados: Porifera, Cnidaria, Annelida, Bryozoa, Platyhelminthes,Chaetognatha, Brachiopoda, Mollusca, Arthropoda, Equinodermata), 2 filos de cromistas (Foraminifera, Ochrophyta), 3 filos de plantas (Chlorophyta, Rhodophytas, Tracheophyta) y 2 subfilos de cordados (Tunicata y Vertebrata (peces condrictios/osteíctios, aves, reptiles, mamíferos). Se recopilaron 2107 registros: 1627 a especie, 329 a género, 100 a familia y 47 a categorías superiores. El arrecife rocoso presentó la mayor riqueza, con 252 especies, donde Chordata (115 spp.) y Mollusca (53 spp.) fueron los

filos dominantes. El litoral rocoso presentó 115 especies, lideradas por Mollusca (52 spp.) y Arthropoda (25 spp.); el ambiente pelágico acumuló 75 especies, con Arthropoda (29 spp.) y peces (27 spp.) como los más frecuentes; los manglares registraron 53 especies, con Chordata (18 spp.) y Arthropoda (16 spp.) predominantes; mientras que los planos lodosos presentaron la menor riqueza con 31 especies, dominadas casi exclusivamente por Chordata (25 spp.) y Arthropoda (5 spp.). Con base en estos resultados, se reportan 44 nuevos registros de especies para la costa pacífica colombiana correspondientes a: Annelida (20), Cnidaria (7), Porifera (6), Tunicata (8), Arthropoda (2) y Chlorophyta (1), así como 53 nuevos registros para el norte del Chocó: peces (39), Annelida (12) y Bryozoa (2). Los resultados revelan una marcada heterogeneidad en la diversidad específica entre los ecosistemas evaluados en el Pacífico norte colombiano. Este gradiente refleja patrones ecológicos esperados, donde hábitats estructuralmente complejos, como arrecifes y litorales rocosos, soportan una mayor riqueza, en contraste con substratos sedimentarios homogéneos de menor complejidad. Adicionalmente, los nuevos registros, destacan el potencial de la región, y resaltan la necesidad de muestreos integrales dirigidos a grupos específicos, que permitan consolidar bases de datos y fortalecer las estrategias de conservación marina en esta área aun poco conocida.

Palabras clave: Pacífico Tropical Oriental, Ecosistemas marinos; Nuevos registros, Biodiversidad marina, aguas costeras.
Keywords: Eastern Tropical Pacific, marine ecosystems; new records, marine biodiversity, coastal waters.

Efectos “bottom-up”, “top-down” y “real estate” sobre la comunidad de esponjas arrecifales en Santa Marta, Caribe Colombiano / Bottom-up, top-down, and real estate effects on the Santa Marta reef sponge community, Colombian Caribbean

Autores: Nicoll Lizarazo [1,2]*, Sven Zea[2]

1 Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andréis” – Invemar, Santa Marta – Colombia. nicoll.lizarazo@invemar.org.co.

2 Universidad Nacional de Colombia – Sede Caribe – Instituto de Estudios en Ciencias del Mar – Cecimar, Santa Marta – Colombia. nlizarazor@unal.edu.co, sezeas@unal.edu.co. (* Nicoll Lizarazo hará la presentación oral)

Resumen:

En los arrecifes coralinos del Caribe, por la pérdida de cobertura de corales, las esponjas se están convirtiendo en un componente dominante y formador de hábitat. Ante este nuevo escenario, se están evaluado los factores que podrían estar influyendo en este cambio: Efectos ascendentes (“bottom-up”, disponibilidad de alimento), descendentes (“top down”, depredación) o de bienes raíces (“real-estate”, disponibilidad espacio por la mortalidad coralina). En Santa Marta, desde década de 1980 se ha registrado un patrón inverso entre la cobertura coralina y las esponjas desde la ciudad al SO hasta el PNN Tayrona en el NE. Este trabajo evaluó estos tres efectos por medio de experimentos y observaciones in situ. Para evaluar el efecto bottom-up, se calculó el déficit o superávit entre la ingesta por filtración de Carbono Orgánico Disuelto (COD) y Particulado (COP) y el consumo de Oxígeno Disuelto (OD) por respiración de la esponja barril gigante, Xestospongia muta. Para ello, se midieron concentraciones inhalantes y exhalantes de COD, COP y OD, velocidades de bombeo de agua, volumen de la esponja, tasas de ingestión de carbono y el metabolismo como gasto de oxígeno. Para el caso top-down, se evaluó la abundancia ponderada de peces esponjívoros con respecto a la cobertura (%) de esponjas defendídas, variablemente defendidas y no defendidas químicamente, y se analizaron datos históricos de abundancia. Para real estate, se determinó la proporción de la ocupación en cobertura (%) de esponjas sobre esqueleto muerto viejo a lo largo del gradiente de deterioro coralino, y se estudiaron patrones históricos de cobertura de esponjas y corales. Se encontró que en X. muta siempre hubo consumo de COP y OD, pero acompañados de una tendencia a liberación de COD, el cual no fue compensado por el consumo de COP, indicando superávit alimentario y ausencia de efecto bottom-up. Tanto la abundancia ponderada de peces esponjívoros, como la cobertura de esponjas no defendidas químicamente fue similar en las estaciones extremo del gradiente, lo que indica que la presencia de depredadores no está teniendo un efecto top-down diferencial. Sin embargo, datos históricos muestran una leve señal de patrón inverso en la abundancia de esponjívoros vs

abundancia de esponjas, insinuando un efecto top-down. Para el real estate, la cobertura de esponjas relativa al coral muerto viejo fue notoriamente mayor en lugares con mayor mortalidad coralina (serían iguales si el espacio limitara), mostrando además un rezago en la colonización de coral muerto por las esponjas, y descartando un efecto actual de real estate. Empero, quizás hubo un efecto histórico asociado la disponibilidad natural inicial de espacio a lo largo del gradiente. En términos generales, este trabajo no evidenció de manera clara el predominio de alguno se estos efectos como responsable del patrón inverso de la cobertura de coral – esponja; no parece haber efecto bottom- up, pero se vislumbran un posible efecto top-down y un efecto histórico real estate.

Palabras clave: Efecto bottom-up, Efecto top-down, Efecto real estate, Esponjas, Corales, Xestospongia muta, Caribe colombiano.

Efectos del polvillo de carbón y sedimentos en el desarrollo temprano de *Diploria Labyrinthiformis, Colpophyllia Natans y Favia Fragum* / Effects of coal dust and sediments on the early development of *Diploria Labyrinthiformis, Colpophyllia Natans y Favia Fragum*

Autores: Kathleyn Valiente Estrada [1-2]*, Rocío García Ureña [1-2], Dayana Rada Osorio[1-2].

1Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Magdalena, Santa Marta

2 Grupo de investigación de Ecología y Diversidad de Algas Marinas y Arrecifes Coralinos (edamac) (*Kathleyn Valiente Estrada hará la presentación oral).

Resumen:

Los arrecifes coralinos han sido afectados por el aumento de contaminantes como los sedimentos y el polvillo de carbón, asociados al transporte marítimo y la urbanización costera, los cuales pueden modifican las condiciones físico-químicas del agua y pueden interferir con procesos críticos del ciclo de vida coralino, particularmente en sus etapas tempranas. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de los contaminantes sobre la embriogénesis, el asentamiento larval y la sobrevivencia post-asentamiento en las especies de coral Favia fragum, Diploria labyrinthiformis y Colpophyllia natans. Para ello, se recolectaron gametos de D. labyrinthiformis y C. natans en el Parque Nacional Natural Tayrona y colonias de F. fragum en Puerto Luz, Santa Marta, Colombia. Posteriormente, fueron trasladadas a la planta piloto de la Universidad del Magdalena en donde se expusieron a cinco tratamientos: Un control y concentraciones de 35 y 70 mg/L de polvillo de carbón y sedimentos, bajo condiciones controladas de temperatura (27,5 ± 1,0 °C), luz natural y agua de mar filtrada y esterilizada. La embriogénesis fue evaluada durante 22 h a partir de embriones de 2-4 células, mientras que el desarrollo larval se monitoreó durante 72 h, registrando larvas viables y no viables con malformaciones. Durante 48 h se indujo el asentamiento larval mediante el uso de sustratos acondicionados con algas coralináceas costrosas y se cuantificó el porcentaje de larvas asentadas. Posteriormente, la sobrevivencia post-asentamiento se evaluó durante 7 días mediante seguimiento diario de pólipos. La viabilidad embrionaria de C. natans estuvo entre 76-84 % en tratamientos de polvillo de carbón y sedimentos. Mientras que el desarrollo larval de D. labyrinthiformis y C. natans mostró una reducción en el número de larvas competentes y un aumento en las malformaciones. El asentamiento larval fue mayor en F. fragum y C. natans, sin encontrar diferencias entre los tratamientos, mientras que D. labyrinthiformis se evidenció una disminución bajo ambas concentraciones de sedimento y carbón. En la sobrevivencia post-asentamiento, D. labyrinthiformis resultó ser más sensible, registrando 40% a bajo 35 mg/L de polvillo de carbón. Estos resultados sugieren que, aunque los contaminantes no inhiben completamente el desarrollo temprano, sí generan efectos

subletales que afectan el desarrollo, evidenciando el aumento de malformaciones, la reducción de larvas competentes y cambios en su actividad. Así mismo, la respuesta de las especies indica variaciones en la tolerancia a partículas en suspensión. El polvillo de carbón y sedimentos puede comprometer procesos críticos como el reclutamiento coralino, afectando la resiliencia y capacidad de recuperación de las poblaciones.

Palabras clave: Contaminación marina, embriogénesis, desarrollo larval, éxito de asentamiento, sobrevivencia post-asentamiento
Keywords: Marine pollution, embryogenesis, larval development, settlement success, post- settlement survival.

El seguimiento a las dinámicas preinvasivas: la expansión de especies introducidas en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia / Monitoring pre-invasive dynamics: the growth of introduced plant species in Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia

Autores: Paulo Murillo-Sandoval[1]*, Cristian Montes[2], Julio César Herrera[3],[4], Johanna Prüssmann[5], and José Ernesto Mancera Pineda[6]

1 Facultad de Ciencias del Hábitat, Diseño e Infraestructura. Departamento de Infraestructura y Geomática. Universidad del Tolima, Colombia

2 Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR)

3 Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad del Valle, Colombia.

4 Fondo Mundial para la Naturaleza Colombia-WWF Colombia

5 Perry Institute for Marine Science, United States 6 Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. La Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM),

Resumen:

El sistema estuarino más grande de Colombia, enfrenta actualmente una crisis ecológica impulsada por la proliferación de especies vegetales introducidas. Este estudio evalúa la extensión espacial y la variabilidad temporal de estas especies, así como su impacto en las masas de agua y cobertura del bosque de manglar entre 2019 y 2025. Mediante un enfoque multiesensor, la investigación combinó imágenes de Sentinel-1 y Sentinel-2 para generar mapas estacionales de cobertura del suelo y utilizó imágenes mensuales de Planet para monitorear el crecimiento en la Ciénaga de Pajarales. A escala regional, los resultados indican que el bosque de manglar se mantuvo estable, con una extensión estimada de 35.644 ± 1.512 ha, y que la transición de manglar a especies introducidas representó tan solo 436 ± 132 ha. La distribución de las especies introducidas presenta una marcada estacionalidad, con un área media que aumenta de aproximadamente 16.000 ha durante la estación seca a 25.000 ha en la estación lluviosa, impulsada por las fluctuaciones en la disponibilidad de agua dulce y por cambios en la salinidad. A escala local, la Ciénaga de Pajarales ha presentado una expansión crítica de *Hydrilla verticillata*; el análisis mensual de 2025 mostró que la especie creció de 15 km² en enero a 40 km² en diciembre. Esta rápida expansión ha generado graves afectaciones socioeconómicas y ecológicas, incluyendo la obstrucción de canales de navegación, la reducción de la pesca y el deterioro de la calidad del agua. Si bien el monitoreo continuo mediante sensores remotos es esencial para implementar estrategias de manejo, acciones prácticas como la

remoción mecánica cuidadosa y la regulación de la salinidad podrían mitigar la propagación de plantas introducidas e invasoras y preservar el ecosistema.

Palabras clave: manglar, bioinvasiones, especies introducidas, Sentinel, degradación
Keywords: mangrove, bioinvasions, introduced species, Sentinel, degradation

Elaboración de una guía para la identificación de géneros de foraminíferos recientes en Colombia / Development of a guide for the identification of recent foraminifera genera in Colombia

Autores: Valeria Vélez[1*], Lizeth Puerres[1], Gladys Bernal[1], Erick Mendoza[1], Milena Benavides[1], Camila Barragán[1], Gabriel Martínez[1], Alejandro Gutiérrez[1], Karol Castillo[1], María José Parra[1].

1 Grupo de Investigación OCEÁNICOS, Departamento de Geociencias y Medio Ambiente, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

Resumen:

Los foraminíferos son microorganismos marinos unicelulares cuya historia evolutiva se remonta a más de 500 millones de años. Sus conchas se preservan ampliamente en los sedimentos marinos, lo que los convierte en herramientas fundamentales para estudios de paleoceanografía, paleoclimatología y reconstrucción de condiciones ambientales pasadas, ya que registran información sobre variables como temperatura, salinidad y disponibilidad de nutrientes. Debido a su sensibilidad a cambios ambientales, también constituyen indicadores confiables de las condiciones oceánicas y de la salud de los ecosistemas marinos. A lo largo del tiempo, la clasificación taxonómica de los foraminíferos ha experimentado numerosas revisiones derivadas tanto de análisis morfológicos como de evidencia molecular reciente, lo que ha generado modificaciones en distintos niveles taxonómicos y ha dispersado la información disponible en múltiples fuentes. Esto dificulta la identificación de los taxones, por lo que se requieren herramientas actualizadas que faciliten su clasificación. En este contexto, el objetivo de este trabajo fue desarrollar una guía de identificación ilustrada de géneros de foraminíferos recientes reportados en el Mar Intramericano y el Pacífico Tropical Oriental, con el fin de facilitar su identificación. Para ello se realizó una compilación, revisión y actualización hasta 2022 de la taxonomía del filo Foraminifera. Se contrastaron distintas clasificaciones con la información disponible en la base de datos World Register of Marine Species (WoRMS), complementada con registros de Foraminifera.eu y las colecciones del Instituto Smithsonian. A partir de esta revisión se construyó una base de datos taxonómica que incluyó clases, órdenes, subórdenes, superfamilias, familias y géneros aceptados. Mediante filtros sucesivos se verificó la presencia de los géneros en las áreas de interés correspondientes al Mar Intramericano y el Pacífico Tropical Oriental. Como resultado de este proceso se identificaron 11 órdenes, 19 subórdenes, 44 superfamilias, 108 familias y 321 géneros recientes reportados para estas regiones. Con base en esta compilación se elaboraron resúmenes y guías taxonómicas visuales para la identificación de órdenes y familias, así como descripciones e ilustraciones representativas de cada género basadas en literatura y bases de datos reconocidas. El contenido resultante constituye una compilación taxonómica actualizada de los principales grupos del filo Foraminifera presentes en las áreas de interés, organizada para facilitar la consulta e

identificación de los géneros de foraminíferos. La disponibilidad de esta información en español contribuye además a ampliar el acceso al conocimiento taxonómico, tradicionalmente disperso en literatura mayoritariamente en inglés. Actualmente la guía está en revisión en el Centro Editorial de la Facultad de Minas para su publicación. En conclusión, esta guía representa una herramienta de apoyo para investigaciones en biología marina, paleobiología y paleoceanografía en Centro y Suramérica, y una referencia para el estudio de la biodiversidad microfósil en los mares colombianos; sistematiza información taxonómica dispersa y proporciona un recurso actualizado que facilita la identificación de foraminíferos recientes, fortaleciendo futuros estudios de biodiversidad, biogeografía y reconstrucción paleoambiental en las áreas de interés.

Palabras clave: Foraminíferos recientes, Taxonomía de foraminíferos, Mar Intramericano, Pacífico Tropical Oriental, Micropaleontología
Keywords: Recent Foraminifera, Foraminiferal taxonomy, Intra-American Sea, Eastern Tropical Pacific, Micropaleontology.

Esfuerzos para la conservación del Tiburón Martillo *(Sphyrna lewini)* en Pacífico Colombiano.

Autores: Felipe Ladino Archila[1]* Sandra Bessudo Lion[1,2].

1 Fundación Malpelo y Otros Ecosistema Marinos, Bogotá, Colombia. 2 MigraMar.

Resumen:

Durante las últimas cinco décadas, las poblaciones de tiburones oceánicos han disminuido aproximadamente un 71 % a nivel global, principalmente como consecuencia de la sobrepesca y el comercio internacional de aletas (Dulvy et al., 2014; Jackson et al., 2001; Pacoureau et al., 2021). La dificultad para la conservación de estas especies incrementa cuando se trata de especies migratorias como el caso del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*). Uno de los principales desafíos es la falta de conocimiento sobre sus patrones de distribución, movimiento, filopatría y uso del hábitat, lo que restringe la toma de decisiones basadas en evidencia y dificulta su manejo efectivo (Dulvy et al., 2014; IUCN, 2021). A esto se suma la sobrepesca, la degradación de hábitats críticos, como áreas de crianza y de agregación (Heupel et al., 2007). Durante más de dos décadas, la Fundación Malpelo y Otros Ecosistemas Marinos ha contribuido a cerrar estas brechas de conocimiento en el Pacífico colombiano mediante la implementación de herramientas como telemetría satelital y acústica, sistemas de video submarino remoto (BRUVS) y programas de monitoreo a largo plazo. Esta aproximación ha permitido identificar áreas clave para la conservación de la especie, cuyos resultados han sido fundamentales para el establecimiento y fortalecimiento de medidas de manejo. Entre los principales logros se destacan la protección del Archipiélago de Malpelo y los montes submarinos asociados a la dorsal de Yuruparí y Malpelo, áreas que funcionan como zonas de agregación tanto para juveniles como para adultos. Más recientemente, en articulación con comunidades del Pacífico colombiano, se logró la identificación de la primera área de crianza para la especie en el país. En esta zona, la implementación de medidas de manejo participativas ha permitido reducir la captura incidental en más de un 90 % en los últimos años, evidenciando resultados positivos iniciales. En este trabajo se presenta una síntesis del enfoque histórico de investigación de la Fundación, destacando la aplicación de múltiples técnicas en distintos contextos para el estudio de la ecología del tiburón martillo, particularmente sus patrones de movimiento. Asimismo, se resalta cómo esta información ha sido integrada y aplicada para fortalecer estrategias de manejo y conservación nacionales y regionales, contribuyendo a la protección integral de la especie.

Palabras clave: Tiburón Martillo, Conservación, Malpelo, Montes submarinos, Áreas de crianza, Pacífico.

Estabilización del borde y restauración activa de pastos marinos en Seaflower - Reserva Internacional de Biósfera / Edge stabilization and active seagrass restoration in Seaflower - International Biosphere Reserve

Autores: José Ernesto Mancera Pineda Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.

Resumen:

Los pastos marinos desempeñan un papel clave en la mitigación del cambio climático, al capturar aproximadamente el 10% del carbono almacenado en los océanos. No obstante, a escala global se ha registrado una marcada disminución de su cobertura, con la consecuente pérdida de los servicios ecosistémicos que brindan a la sociedad. Esta tendencia también se evidencia en el Caribe colombiano, particularmente en la isla de San Andrés- reserva de biósfera Seaflower. Un caso representativo es la pradera de uso turístico de Haynes Cay, la cual ha perdido cerca de 623.211 m² en los últimos 20 años, como resultado de la erosión del borde y la consecuente reducción de biomasa. Con el objetivo de disminuir la pérdida de pastos marinos asociada a procesos erosivos, se desarrolló un experimento que incluyó tres tratamientos: (1) borde de pradera expuesto al oleaje y estabilizado mediante soportes biodegradables; (2) borde de pradera con protección natural; y (3) borde de pradera expuesto al oleaje sin ningún tipo de soporte. Los tratamientos fueron monitoreados durante cinco meses, correspondiente a la temporada de vientos alisios. Paralelamente se evaluó el crecimiento foliar de *Thalassia testudinum* en los mismos tratamientos y adicionalmente en el interior de la pradera y en parches desprendidos. Las tasas de crecimiento se midieron mediante marcaje foliar. Adicionalmente se evaluó la restauración activa mediante la siembra directa sobre arena, utilizando núcleos de propagación de 6 pulgadas de diámetro. Los resultados evidencian que la tasa de erosión en el tratamiento con soportes biodegradables fue significativamente menor en comparación con los demás tratamientos, registrándose valores de 3, 7 y 10 cm/mes, respectivamente. Asimismo, la restauración activa presentó una tasa de supervivencia promedio del 70 % (± 25 DE). Contrariamente a las expectativas basadas en el efecto de borde y la hipótesis de perturbación intermedia, las áreas de borde no mostraron un mayor crecimiento. El interior de la pradera y los parches desprendidos mostraron el mayor crecimiento, mientras que el borde no perturbado tuvo un crecimiento deficiente, probablemente debido a la acumulación de sedimentos y al enterramiento de brotes. En conjunto, los resultados son altamente satisfactorios y constituyen un respaldo técnico para avanzar, junto con la comunidad local, en el diseño de estrategias de restauración ecosistémica. En conclusión, la instalación de soportes biodegradables es una estrategia efectiva para reducir la erosión en el borde de las praderas de pastos marinos. Esta intervención actúa como una barrera física temporal que atenúa la energía del oleaje y disminuye la remoción de sedimentos. Contrario a la hipótesis planteada,

las tasas máximas de crecimiento no se registraron en los bordes de la pradera, sino en el interior y en áreas estructuralmente fragmentadas. El depósito de los sedimentos removidos durante la erosión del borde de la pradera genera el cubrimiento y enterramiento de vástagos, lo que limita su supervivencia y crecimiento. Estos resultados sugieren que el interior de la pradera ofrece condiciones más estables y productivas para el trasplante de vástagos donantes.

Palabras clave: Soluciones basadas en la Naturaleza, *Thalassia testudinum*, crecimiento foliar, Rehabilitación ecosistémica.
Keywords: Nature-based solutions, *Thalassia testudinum*, foliar growth, Ecosystem rehabilitation,

Estado de la comunidad coralina en cuatro complejos arrecifales de Seaflower, Caribe Colombiano / Condition of the coral community in four reef complexes of Seaflower, Colombian Caribbean

Autores: Catalina Gómez-Cubillos[1]\, *Carlos Daza-Guerra[1],Laura Franco-León[1], María Helena Benavides-Marchena[1], Richard Duque-Díaz[2], Sven Zea[1]*

1 Universidad Nacional de Colombia – Sede Caribe – Instituto de Estudios en Ciencias del Mar (CECIMAR) – Grupo de investigación Fauna Marina Colombiana: Biodiversidad y Usos. Atte. Invemar, Calle 25 2-55, Playa Salguero, Santa Marta, Colombia. macgomezcu@unal.edu.co; caadazagu@unal.edu.co; lafrancol@unal.edu.co; mbenavidesma@unal.edu.co; szeas@unal.edu.co

2 Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano – Sede Santa Marta, Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería. Carrera 2 No. 11-68, Rodadero, Santa Marta, Colombia. richarda.duqued@utadeo.edu.co (Catalina Gómez-Cubillos hará la presentación oral)

Resumen:

Los arrecifes de ambientes oceánicos, dada su relativa lejanía de las presiones humanas directas, constituyen modelos adecuados para comprender cómo el escenario actual de cambio climático se expresa a escala regional en términos del estado y la condición de las comunidades coralinas. La Reserva de Biosfera Seaflower alberga el 77 % de las áreas coralinas someras de Colombia, distribuidas en complejos arrecifales asociados a ocho atolones y bancos, y tres islas habitadas. En el marco de las Expediciones Científicas Seaflower Albuquerque (2018), Bajo Nuevo (2021), Bolívar (2022) y San Andrés (2025), se ha evaluado el estado de la comunidad coralina mediante un monitoreo estandarizado, alineado con las recomendaciones del Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN) nivel 3 y con los resultados de expediciones previas. A la fecha se han evaluado 68 estaciones (15 en Albuquerque, 12 en Bajo Nuevo, 22 en Bolívar y 19 en San Andrés). Mediante fotocuadrantes alternos sobre transectos de banda (10 × 2 m) se estimaron la cobertura bentónica, la riqueza de especies y la condición coralina usando el programa ImageJ. Un conjunto inicial de 200 fotografías fue utilizado para el primer entrenamiento del modelo de inteligencia artificial Open Coral AI. Adicionalmente, muestras de sedimentos acumulados en bordes de interacción coral–césped algal se analizaron en laboratorio con el fin de describir la capacidad de los céspedes para acumular sedimentos. Núcleos tomados en estos bordes se emplearon para caracterizar la diversidad taxonómica y morfológica de la comunidad de céspedes en interacción con tejido coralino. En los complejos de Bolívar y San Andrés se incluyó el estudio de herbívoros mediante censos estacionarios. Los resultados confirman la presencia de 48 especies de corales duros. En general, el sustrato está dominado por comunidades mixtas de organismos no constructores de arrecife (59,1–61,7 %),

especialmente céspedes algales. Los sedimentos mostraron alta variabilidad entre atolones y geoformas. Se confirmó la identidad taxonómica de 50 géneros de algas en interacción con tejido coralino, agrupados en 15 categorías definidas a partir de afinidades morfológicas. Para la comunidad de herbívoros, se identificaron 32 especies asociadas a seis grupos funcionales, evidenciando baja redundancia funcional en comparación con los arrecifes continentales del Caribe colombiano y, por tanto, una mayor vulnerabilidad ante la potencial pérdida de especies. En conjunto, los resultados indican que estos complejos arrecifales están experimentando cambios desde un dominio coralino hacia el predominio de comunidades mixtas, integradas por macroalgas, esponjas, corales blandos y otros organismos bentónicos. Los resultados generados han sido divulgados mediante artículos científicos (2), boletines (1), metadatos (3), ponencias en eventos científicos y otros contenidos digitales.

Palabras clave: Arrecifes oceánicos, Seaflower, comunidades bentónicas, interacciones coral-césped, cambio de fase.
Keywords: Oceanics reefs, Seaflower, benthic communities, coral-turf interactions, phase shifts

Estado del conocimiento científico del pez león (*Pterois spp*.): un análisis bibliométrico orientado a la identificación de vacíos para el manejo. / State of scientific knowledge of the lionfish (*Pterois spp*.): a bibliometric analysis aimed at identifying gaps in management.

Autores: Yussi Colmenares-Gallardo[1], Jorge Álvarez- Gutiérrez[2], Harold Castillo-Navarro[3]

1 Semillero de investigación Sinbioma, Universidad del Sinú, Elías Bechara Zainúm, Seccional Cartagena. yussicolmenares@unisinu.edu.co

Resumen:

El pez león (Pterois spp.) constituye uno de los casos más representativos de invasión biológica en ecosistemas marinos del Atlántico y el Caribe, generando impactos significativos sobre la biodiversidad y las redes tróficas. Con el fin de evaluar el estado actual del conocimiento y su aplicabilidad en el manejo, se desarrolló un análisis bibliométrico y bibliográfico a partir de una revisión sistemática bajo el protocolo PRISMA. Se realizó una búsqueda en Scopus y Web of Science, en la cual se identificaron 722 documentos, de los cuales 639 artículos fueron seleccionados tras un proceso de depuración. La producción científica analizada abarcó un periodo de 1953 a 2026, con la participación de 2192 autores y un promedio de 27.2 citas por documento, lo que evidenció una relevancia moderada y un incremento notable en la productividad entre 2015 y 2021. La producción científica sobre el pez león se concentra principalmente en Estados Unidos, México, Canadá, Reino Unido y Australia, con un nivel de colaboración internacional cercano al 28 %, mientras que Colombia presentó una contribución del 0.69 %. El análisis de co-ocurrencia de Keywords Plus, mediante el algoritmo Louvain, reveló una estructura temática bipartida, conformada por un clúster altamente cohesivo centrado en la ecología de la invasión del pez león en el Atlántico y otro de carácter generalista, asociado a estudios en biología y experimentación animal. Este patrón indicó una predominancia de enfoques ecológicos descriptivos centrados en la distribución, depredación y dinámica poblacional, sobre la consolidación de un sistema modelo. Sin embargo, se identificaron vacíos críticos que limitaron la aplicabilidad del conocimiento, incluyendo la débil articulación entre estudios experimentales y ecológicos, la escasa incorporación de dimensiones socioeconómicas y de manejo, y la limitada presencia de enfoques morfológicos, particularmente en osteología y morfología funcional. Estos elementos fueron fundamentales para comprender mecanismos asociados al éxito invasivo y traducirlos en estrategias de control. En consecuencia, se resaltó la necesidad de integrar enfoques interdisciplinarios que vinculen la biología funcional con la gestión pesquera, promoviendo el desarrollo de herramientas basadas en rasgos que fortalezcan la toma de decisiones y la implementación de medidas efectivas de manejo.

Palabras clave: Pterois spp., bibliometría, análisis de redes, clustering, dinámica poblacional, gestión pesquera.

Estructura poblacional actual del erizo negro en la isla de San Andrés, Reserva de Biosfera Seaflower / Current population structure of black sea urchin in San Andrés island, Seaflower Biosphere Reserve

Autores: Valentina Rojas Manrique*,Farid Santiago Sánchez Vega, Sofía Rodríguez Sosa, Laura Victoria Martínez Rey, Jair Cardona Martelo, Luisa Fernanda Dueñas Montalvo y Brigitte Gavio.

Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Carrera 30 Calle 45, campus universitario, Bogotá D.C., Colombia

Resumen:

El erizo Diadema antillarum es un herbívoro clave para la salud de los arrecifes coralinos del Caribe. Su rol consiste en la regulación del crecimiento de macroalgas, las cuales compiten por luz y espacio con las especies de coral, favoreciendo así el asentamiento y consolidación del ecosistema arrecifal. Esta especie ha atravesado 2 eventos de mortandad (1983 y 2022) que ocasionaron una extrema reducción de sus poblaciones, sin que se reporte una recuperación notable en ninguna región del Caribe. Sin embargo, la información disponible sobre las poblaciones del erizo negro en Colombia es escasa y limitada a la costa continental. Teniendo en cuenta que la Reserva de Biosfera (RB) Seaflower posee alrededor del 92% de las áreas coralinas nacionales y allí aún no se han reportado estudios de este erizo, se planteó determinar el estado poblacional actual (densidad y estructura) de D. antillarum en la laguna arrecifal de la isla de San Andrés. Se realizaron inmersiones de buceo en once estaciones de muestreo, extendiendo 5 transectos de 15 × 2 m por estación; se cuantificaron los erizos por transecto, se midió el diámetro y la altura de la testa de cada individuo, y se describió su estado (solitario o agregado). Además, se estimó la complejidad del sustrato (índice de rugosidad). Posteriormente, se determinó la estructura poblacional teniendo en cuenta las categorías de edad de la especie (juveniles, adultos jóvenes y adultos), se calculó la relación superficie de adhesión:altura de la testa para evaluar la capacidad de adherencia al sustrato en función de la edad. Se exploró la relación entre la densidad de D. antillarum y la complejidad del sustrato, y adicionalmente, la relación entre la densidad y el diámetro. No se encontraron erizos en la porción sur donde corrientes fuertes impiden su asentamiento. La densidad media fue de 0.30 ± 0.37 ind/m2; con valores entre 0 y 0.94 ± 0.55 ind/m2. La densidad se correlacionó positivamente con la complejidad de sustrato. En cuanto a la estructura poblacional, la distribución de tallas fue homogénea y la tendencia a la agregación fue determinada por la edad. La actual población de erizo negro en San Andrés tiene densidades muy bajas. Sin embargo, la amplia representación de las clases etarias, el comportamiento gregario y el asentamiento en zonas estructuralmente complejas evidencian un ciclo de vida completo y viable. Tampoco se evidencia que haya alcanzado su capacidad de carga, ya que no se observan indicios de limitación por recursos.

Palabras clave: / Key words Agregaciones, Adhesión, Bioindicador, Tallas, Rugosidad / Aggregations, Adhesion, Bioindicator, Size classes, Rugosity

Evaluación de la salud cutánea de cetáceos mediante ciencia comunitaria en el Pacífico Colombiano / Assessment of cetacean skin health using community science in the Colombian Pacific

Autores: Dalia C. Barragán-Barrera[1,2,3]; *Nicolás E. Álvarez-Herrera*[4,5]; Camilo E. Ortiz- Vásquez[5,6]; Ann Carole Vallejo[3]; Nohelia Farías-Curtidor[3]; Edwin Gonzáles Murillo[1,3,7]; Luis Antonio Lloreda[1,3,7]; Yerson Gonzáles Murillo[1,3,7]; Alan Giraldo[4] y Jennifer Bachmann[1]

1. Fundación Oceanidad, Girón, Colombia.

2. Fundación Panacetacea, Estados Unidos y Panamá.

3. R&E Ocean Community Conservation, Oakville, Canadá.

4. Grupo de Investigación en Ecología Animal, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad del Valle, Cali, Colombia.

5. Departamento de Biología Integrativa, Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, Chile.

6. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad del Valle, Cali, Colombia.

7. Científico comunitario, Consejo Comunitario General Los Riscales, Chocó, Colombia.

Resumen:

La piel de los cetáceos, al estar en contacto directo con el ambiente, constituye un indicador clave de la salud individual y de las condiciones ecosistémicas; sin embargo, estudios sobre su estado en poblaciones silvestres son escasos, especialmente en zonas tropicales de difícil acceso. En estos contextos, donde el monitoreo puede ser logísticamente complejo, la participación de las comunidades locales resulta fundamental para la recolección de datos. En este sentido, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la salud cutánea de cetáceos en el Golfo de Tribugá, Pacífico norte colombiano, mediante el uso de foto-identificación y ciencia comunitaria. Entre agosto de 2020 y junio de 2023 se recolectaron 1931 fotografías de alta calidad, obtenidas por pescadores locales entrenados como científicos comunitarios, permitiendo analizar 1694 individuos de siete especies: delfín común (Delphinus delphis), delfín nariz de botella común (Tursiops truncatus), delfín manchado pantropical (Stenella attenuata), delfín rotador (Stenella longirostris), delfín de dientes rugosos (Steno bredanensis), orca (Orcinus orca) y ballena jorobada (Megaptera novaeangliae). Las imágenes fueron clasificadas según la 2 presencia/ausencia de lesiones

cutáneas y su tipo (naturales, antropogénicas o patogénicas), y se realizaron análisis estadísticos para evaluar diferencias entre especies. Los resultados mostraron que la mayoría de los individuos (>80 % en varias especies) no presentaron lesiones visibles, sugiriendo un buen estado general de salud. No obstante, se evidenciaron diferencias significativas entre especies: M. novaeangliae y T. truncatus presentaron mayores frecuencias de lesiones, particularmente de origen natural (interacciones intra e interespecíficas), mientras que D. delphis y S. longirostris mostraron los menores niveles. Las lesiones antropogénicas fueron poco frecuentes, aunque se registraron principalmente en M. novaeangliae, incluyendo cicatrices asociadas a colisiones con embarcaciones, mientras que las lesiones patogénicas fueron raras y limitadas a pocas especies. Estos patrones sugieren que factores como el comportamiento, el uso de hábitat y la exposición diferencial a presiones antrópicas influyen en la salud cutánea. En conjunto, los resultados indican que el Golfo de Tribugá mantiene condiciones relativamente favorables para los cetáceos, aunque existen amenazas puntuales asociadas a actividades humanas (como la construcción potencial del puerto) y procesos ecológicos naturales. Este estudio constituye la primera línea base sobre salud cutánea de cetáceos en el Pacífico colombiano y resalta el valor de la ciencia comunitaria como herramienta costo-efectiva para el monitoreo a largo plazo en regiones con limitaciones logísticas. El seguimiento continuo de estas poblaciones es fundamental para detectar cambios asociados al incremento de actividades como el turismo y el tráfico marítimo, así como para fortalecer estrategias de conservación y manejo en los ecosistemas marino-costeros de esta región.

Palabras clave: salud cutánea, delfines, ballena jorobada, foto-identificación, Golfo de Tribugá.
Keywords: skin health, dolphins, humbpack whale, photo-identification, Tribugá Gulf.

Evaluación de las tasas de crecimiento y sobrevivencia en cultivos de corales bajo condiciones ex situ

Autores: Yuli Alexandra Hernández Ubaque[1]* Julio Cesar Otero Perez[1] Jaime Alberto Rojas Ruiz[1] Luz Marina Mejía Ladino[2] Natalie González Miranda[2] Wilson Manuel Martínez Cuadrado[2]

1 Centro de Investigaciones, Educación y Recreación San Martín (CEINER), Oceanario Islas del Rosario.

2 Servicio Nacional de aprendizaje (SENA) - Centro Internacional Náutico, Fluvial y Portuario SENNOVA.

Resumen:

Los arrecifes de coral albergan una alta diversidad biológica, pero las presiones antropogénicas como la sobrepesca, contaminación y el cambio climático han provocado un deterioro significativo de su salud, en especial por las recurrentes olas de calor marinas que son uno de los principales responsables de los eventos de blanqueamiento masivo de corales. Aunque estrategias directas como la restauración ecológica coralina en condiciones ex situ ha mostrado resultados positivos para mitigar este declive, la información disponible sigue siendo limitada, especialmente en el Caribe colombiano. Desde los años 90s el Centro de Investigaciones, Educación y Recreación San Martín (CEINER) que administra el Oceanario de las Islas del Rosario, es pionero en la restauración coralina del Parque Nacional Natural los Corales del Rosario y de San Bernardo (PNNCRSB) y actualmente realiza grandes esfuerzos en la implementación de cultivos ex situ en el país. Con el objetivo de evaluar la viabilidad y potencial del cultivo de corales en condiciones ex situ, se implementó un sistema de acuicultura de flujo continuo (FTAS) y unidireccional en una canaleta en fibra de vidrio con capacidad de 1800 litros alimentada con agua de mar profunda (22 m). Posteriormente se calculó la sobrevivencia (%) y las tasas de crecimiento mensual en términos de cobertura planar (Rm) durante tres meses en 50 fragmentos de cinco especies de coral (*Porites porites, Porites astreoides, Acropora cervicornis, Acropora palmata* y *Pseudodiploria strigosa*). Se registró una sobrevivencia inicial del 100% durante el primer mes en todas las especies, con diferencias posteriores entre ellas; *A. cervicornis* fue la única especie que mostró mortalidad total en algunos de sus fragmentos (40%), mientras que *A. palmata*, *Porites* spp. y *P. strigosa* presentaron alta sobrevivencia bajo el cultivo ex situ (100 %). *A.cervicornis* presentó la mayor variabilidad y fue la única especie con una tasa de crecimiento mensual negativa Rm (-0,065 ± 0,140 cm²/mes), mientras que *A. palmata* mostró tasas cercanas a cero y baja variabilidad (Rm = 0,006 ± 0,008 cm²/mes). Las especies *P. astreoides* y *P. porites* registraron tasas de crecimiento bajas pero consistentes (Rm = 0,007 ± 0,006 y 0,005 ± 0,007 cm²/mes, respectivamente), y *P. strigosa* presentó una tasa positiva y estable (Rm = 0,011 ± 0,008 cm²/mes). Aunque se observaron diferencias aparentes entre especies, particularmente entre especies ramificadas como *A. cervicornis* y las especies masivas, el análisis de Kruskal–Wallis no detectó diferencias estadísticamente significativas en las

tasas de crecimiento mensual durante el periodo de estudio H(4, n = 50) = 8.80; p = 0.066. La alta sobrevivencia registrada en la mayoría de las especies evaluadas y, en general, las tasas de crecimiento mensual positivas observadas durante el cultivo ex situ (con excepción de *A. cervicornis*), indican que este tipo de sistemas de cultivo constituyen una alternativa viable para la conservación de la resiliencia genética y el fortalecimiento de estrategias de mitigación frente a los actuales cambios ambientales. Asimismo, se recomienda el uso de nutrientes y alimentos para favorecer las tasas de crecimiento en un corto plazo.

Palabras clave: Cultivo de corales en tierra, condiciones ex situ, cobertura planar, mitigación al cambio climático, restauración coralina
Keywords: Land-based coral nursery, ex situ conditions, planar cover, climate change mitigation, coral reef restoration.

Evaluación del estado de conservación de praderas submarinas en la República Dominicana / Evaluation of the conservation status of seagrasss in the Dominican Republic

Autores: Paola Andrea Buitrago Niño[1]\, Sergio D. Guendulain García[2], Luis P. Suescún-Bolívar[3], Rita Sellares Blasco[2], Aldo Croquer[4], María F. Villalpando[2], Andreina Valdez-Trinidad[2], Estefany Vargas-Pérez[2]

1 Programa de Biología, Universidad de Pamplona, Colombia

2 Fundación Dominicana de Estudios Marinos (FUNDEMAR), Bayahíbe, República Dominicana

3 Programa de Licenciatura en Educación con Énfasis en Ciencias Sociales y Ambientales, Universidad de Cartagena, Colombia

4 The Nature Conservancy, Dominican Republic.

Resumen:

Las praderas submarinas son ecosistemas costeros altamente productivos que cumplen funciones ecológicas esenciales, como la provisión de hábitat, refugio y zonas de crianza para peces e invertebrados, además de contribuir al secuestro de carbono y a la estabilidad del sedimento. En la República Dominicana, la información sistemática sobre el estado de conservación ha sido limitada, lo que ha dificultado la evaluación de su condición ecológica y el diseño de estrategias de manejo. El objetivo de este estudio fue evaluar el estado de conservación de praderas submarinas en seis localidades del país (Monte Cristi, Punta Rucia, Estero Hondo, Miches, Pedernales y Bayahíbe). El muestreo de las praderas se realizó siguiendo las metodologías del programa MONITOREA, liderado por la Fundación Dominicana de Estudios Marinos (FUNDEMAR), las cuales se fundamentan en los protocolos CARICOMP y CariCAS. Esta metodología incluye la estimación de cobertura bentónica, densidad de vástagos y biomasa de fanerógamas marinas, así como censos visuales de peces y macroinvertebrados. A partir de los datos de abundancia de especies de peces, se evaluó la diversidad íctica mediante los números de Hill (q^0^, q^1^ y q2), con el fin de integrar información sobre riqueza, equitatividad y dominancia de las comunidades. Los resultados evidenciaron una marcada heterogeneidad espacial entre los sitios evaluados. Thalassia testudinum fue la especie dominante en la mayoría de las localidades, con coberturas entre el 5,73% y 89,33%, seguida de Syringodium filiforme (con una distribución restringida a 4 localidades) y una importante presencia de macroalgas calcáreas en la mayoría de los sitios. La densidad de vástagos y la biomasa reflejaron distintos grados de desarrollo estructural y estados ecológicos. En términos faunísticos (de 54 especies), se registró una comunidad dominada por peces juveniles, mayormente carnívoros y herbívoros, principalmente de las familias Scaridae, Haemulidae y Atherinidae. La abundancia de macroinvertebrados fue generalmente

baja y dispersa, con presencia puntual de especies ecológica y económicamente relevantes como Aliger gigas.* Las praderas submarinas evaluadas mantienen funciones ecológicas clave destacando su papel como áreas de crianza, aunque su estado de conservación es variable. Estos resultados constituyen una línea base fundamental para el establecimiento de programas de monitoreo a largo plazo y para el fortalecimiento de estrategias de gestión y conservación de praderas submarinas en la República Dominicana.

Palabras clave: Ecosistemas marino-costeros, Pastos Marinos, diversidad asociada, servicios ecosistémicos.
Keywords: marine-coastal ecosystems; seagrass, associated diversity, ecosystem service

Factores que modulan la comunidad de céspedes algales en atolones de La RB Seaflower

Autores: Helena Benavides-Marchena*[1], Catalina Gómez-Cubillos[1], Olga Camacho-Hadad[2], Carlos Daza-Guerra[1] y Sven Zea[1]

1. Universidad Nacional de Colombia – Sede Caribe – Instituto de Estudios en Ciencias del Mar (CECIMAR) – Grupo de investigación Fauna Marina Colombiana: Biodiversidad y Usos. Atte. Invemar, Calle 25 2-55, Playa Salguero, Santa Marta, Colombia. mbenavidema@unal.edu.co; macgomezcu@unal.edu.co; caadazagu@unal.edu.co; sezeas@unal.edu.co

2 Grupo de Investigación Evolución, Sistemática y Ecología Molecular (GIESEMOL), Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Magdalena, Carrera 32 No. 22–08, Santa Marta, Colombia. ocamacho@unimagdalena.edu.co (*Helena Benavides-Marchena hará presentación oral)

Resumen:

Los céspedes algales se han consolidado como uno de los componentes bentónicos más abundantes y competitivos en los arrecifes coralinos, ocupando sustratos liberados por la mortalidad coralina e interfiriendo con los procesos de recuperación arrecifal. Aunque la competencia coral–césped ha sido reconocida como un proceso central en la dinámica bentónica, su estructura y desarrollo no dependen únicamente de factores bióticos, sino también de condiciones del ambiente físico. Variables abióticas como la profundidad, la sedimentación, la hidrodinámica y la geomorfología pueden modificar la estructura de estas comunidades, favoreciendo distintos ensamblajes algales según las condiciones locales o regionales. Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo determinar como algunos factores abióticos influyen en la estructura de la comunidad de céspedes algales en interacción con corales masivos, en arrecifes oceánicos de la RB Seaflower. En el marco de las Expediciones Científicas Seaflower realizadas en los atolones Albuquerque (2018), Bajo Nuevo (2021) y Bolívar (2022), se recolectaron muestras en bordes de interacción activa entre coral vivo y céspedes algales, considerando la unidad geomorfológica y el tipo colonial. Utilizando un sacabocados de impacto, se extrajeron núcleos de esqueleto coralino, fijados en etanol al 96 % y analizados en laboratorio bajo estereoscopio y microscopio, con apoyo de imágenes digitalizadas y guía de expertos. A partir de la caracterización taxonómica y estructural de las muestras, se definieron grupos morfológicos útiles para evaluar la variación de estas comunidades. La estructura de los ensamblajes de céspedes algales mostró un patrón espacial marcado, donde el atolón emergió como el principal modulador en la comunidad. Albuquerque se distinguió por una composición mixta, con aportes importantes de Lyngbya, Chondria, y Spirocoelus, sugiriendo afinidad por ensamblajes con alta participación de cianobacterias filamentosas epífitas. En contraste, en Bajo Nuevo y Bolívar los céspedes

estuvieron dominados por Polysiphonia. En Bolívar, este género se mezcló con Gelidiella, Amphiroa y Dictyota, mostrando una comunidad estructuralmente más diversa. La unidad geomorfológica mostró un efecto marginal sobre la composición, pero una influencia significativa sobre la altura del dosel y la densidad aparente de los filamentos; lo que sugiere que la energía del oleaje y la profundidad modulan con mayor fuerza la morfología que la identidad taxonómica. En términos morfológicos, zonas someras y protegidas se asociaron principalmente con cianobacterias filamentosas y algas polisifonales; mientras que, en las estaciones profundas y más expuestas los vínculos más estrechos fueron entre algas carnosas foliosas y algas articuladas, mostrando relaciones fuertes entre el oleaje, la profundidad y la complejidad estructural. Se concluye que la estructura de céspedes algales en interacción con tejido coralino, a escala regional, está fuertemente influenciada por la variabilidad espacial, demostrando que cada atolón refleja una historia ambiental propia, marcada por las condiciones naturales del sistema y la dinámica de perturbaciones que lo afectan, como el aumento de la temperatura. En contraste, a escala local, factores característicos de cada unidad geomorfológica (oleaje y profundidad), parecen desempeñar un papel menos importante en la cobertura, pero sí en la morfología de las algas y en las características estructurales de los ensamblajes.

Palabras clave: Arrecifes, interacciones coral-césped, grupos morfológicos, Seaflower, Caribe colombiano

Frente frío: impacto, evaluación y respuesta en áreas de restauración de Corales con metodología marrs

Autores: Helena Benavides-Marchena*1, Laura Cotrino-Salcedo[1], Nikole Gualdron-Chaparro[2], Camila Mariño-Ramírez[1] y Andrea Caicedo-González[1]

1 Corales de Paz, monitoreo, conservación y restauración de arrecifes coralinos, Calle 4 # 35A-51, Of. 102, Cali, Colombia. y acaicedo@coralesdepaz.org.

2 Reef Support B.V kapteynstraat 1 Suite 140, Noordwijk, 2201 BB Netherlands.nikole@reef.support. mbenavides@coralesdepaz.org; lcotrino@coralesdepaz.org; cmarino@coralesdepaz.org (*Helena Benavides-Marchena hará presentación oral)

Resumen:

Los arrecifes coralinos del Caribe enfrentan una exposición creciente a disturbios que comprometen su estabilidad ecológica y funcional. Durante la primera semana de febrero de 2026 se presentaron condiciones extremas de oleaje y viento en el Caribe colombiano, las cuales afectaron áreas de restauración de coral en Varadero, Cartagena. Este estudio evaluó el impacto del frente frío sobre dos instalaciones de la metodología MARRS —estructuras hexagonales de acero conocidas como Reef Stars o "Estrellas de Coral" que conforman una red, estabilizan el cascajo y sirven de soporte para la fijación de fragmentos de coral— con el objetivo de identificar patrones de afectación, la estabilidad de las estrellas y la respuesta de las comunidades asociadas. La intervención en las áreas de restauración MARRS I y MARRS II, instaladas en marzo y septiembre de 2025, respectivamente, junto con sus controles, se desarrolló en tres fases: (1) diagnóstico inicial, (2) mantenimiento y (3) monitoreo. El proceso incluyó video-transectos, fotocuadrantes y mapeo de afectación. Se evaluó la composición del sustrato, la cobertura de coral duro, peces, invertebrados y el registro de temperatura e intensidad lumínica. El arrecife circundante, en ambos sectores, presentó daño severo, evidenciado por el volcamiento de colonias de más de 3 m de altura y la presencia de parches de Porites spp. y Agaricia spp. muertos y colonizados por turf. Se distinguió entre la cobertura de coral duro en las Estrellas y la presente en el bentos. En MARRS I, la cobertura de coral duro en las Estrellas disminuyó un 30 % respecto al registro desde su instalación. No obstante, las Estrellas consolidaron el sustrato, lo que sugiere una mayor estabilidad frente a la hidrodinámica del evento. Este sitio también presentó una comunidad de peces herbívoros dominada por individuos adultos (72 %) y una baja abundancia de invertebrados, con cinco individuos registrados. Por otro lado, en MARRS II, si bien la cobertura de coral en las Estrellas disminuyó en un 28 %, se duplicó la cobertura de coral duro en el bentos por la entrada de colonias movilizadas por el frente frío. Aunque parte de las Estrellas quedaron sepultadas por arena, lo que indicó una menor

estabilidad del sustrato, este sitio mostró una comunidad de peces herbívoros más equilibrada entre adultos (40 %) y juveniles (32 %), así como una mayor abundancia de invertebrados que MARRS I y el control negativo, con 22 individuos. Este patrón sugiere que, pese a la afectación física, la dinámica del disturbio pudo favorecer la retención y estabilización de colonias desprendidas bajo las Estrellas, contribuyendo al mantenimiento de una alta cobertura coralina y mayor actividad biológica asociada. En ambos sitios no se registraron variaciones térmicas durante el frente frío; sin embargo, la intensidad lumínica descendió hasta 50 lux, condición que pudo incrementar el estrés fisiológico del sistema. En conjunto, estos hallazgos indican que la respuesta de las comunidades no depende exclusivamente de la estabilidad de las Estrellas, sino también de los procesos locales desencadenados por el disturbio, lo que resalta la importancia de fortalecer estrategias de manejo adaptativo frente a eventos extremos.

Palabras clave: Restauración coralina, Frente frío, MARRS, Arrecifes coralinos y Varadero.

Incidencia de factores externos naturales y antropogénicos que afectan la abundancia del delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*) en el ámbito marino-costero del Pacífico Panameño

Autores: Milagros González[1*], Karly Urriola[1], José Julio Casas[1], Ramón Guerra[1], Patricia De La Rosa[1], David Herra-Miranda[2], Lenin Oviedo[2]

1 Universidad Marítima Internacional de Panamá

2 Centro de Investigación de Cetáceos Costa Rica

Resumen:

Los cetáceos están expuestos a factores estresantes antropogénicos que influyen en la estructura, abundancia y distribución de las poblaciones. Entre los factores naturales se encuentran: las enfermedades infecciosas, biotoxinas y depredación; mientras que en los factores antropogénicos destacan: la caza para el comercio, la contaminación, las interacciones con pesquerías, los derrames de sustancias nocivas y las colisiones por embarcación. Estas variantes han sido estudiadas parcialmente en las aguas panameñas, sin embargo, estudios detallados sobre dichos factores aún son poco representados. Por lo tanto, este trabajo buscó determinar la incidencia de posibles factores de mortalidad en los ámbitos marino- costeros del Pacífico de Panamá, tomando como referencia a la especie costera Tursiops truncatus. Para ello, se realizaron salidas a campo en los Golfos de Chiriquí (GC), Montijo (GM) y San Miguel (GSM), primero se siguió la metodología de presencia y ausencia para obtener la tasa de encuentro de los animales; una vez encontrados los grupos, se utilizó la técnica de fotoidentificación para identificar a los individuos aprovechando las muescas que presentan en su aleta dorsal, y a la vez, se registró fotográficamente la porción dorsal del cuerpo de los delfines a fin de distinguir las heridas que pudiesen tener. Por último, se realizaron entrevistas abiertas a los operadores de embarcación de las 3 zonas de estudio para conocer su percepción ante la presencia de los delfines. Dicha metodología permitió realizar un total de 18 salidas a campo en los 3 sitios de estudio, abarcando un esfuerzo total de 81.5 horas de esfuerzo y registrando 19 avistamientos. La distribución de los delfines mostró una marcada preferencia por aguas someras (<20 m de profundidad), en donde la tasa de encuentro fue mayor para GC y menor para GSM, proponiendo un rango hogar más amplio para este último. Mediante el análisis de las fotografías se identificaron 76 individuos, de los cuales el 34% presentó cicatrices representativas, las cuales fueron más frecuentes en el pedúnculo (42.5%) y en la aleta dorsal (35.0%). Estas fueron clasificadas y relacionadas con fuentes naturales y antropogénicas conocidas, indicando una fuerte incidencia de interacciones con pesquerías. Las interacciones con depredadores naturales fueron menos evidentes; solo hubo reporte de esta en GM, en donde se señaló a Carcharhinus leucas como el principal sospechoso de las heridas observadas. Las

encuestas realizadas a los operadores de embarcación en GC y GM demostraron que el 53% de los mismos, perciben a los delfines nariz de botella como una amenaza para sus actividades pesqueras, asociándolos con daños a las redes y reducción en las capturas, lo que también se comparó a través del índice de correlación de Pearson, el cual evidenció que, entre mayor uso de trasmallo, mayor conflicto entre delfines y pescadores (correlación de 0.98). Este trabajo concluye que la población de delfines Tursiops truncatus en GM presentan una mayor presión al tener el número más elevados de individuos con heridas representativas, comprobado también mediante los índices de prevalencia (GC=40, GM=75, GSM=20).

Palabras clave: delfines, Panamá, Pacífico, cicatrices, antropogénico
Keywords: dolphins, Panama, Pacific, scars, anthropogenic

Índice de vegetación de manglares y morfometría: análisis ecohidrológico de subcuencas en el Caribe Colombiano / Mangrove vegetation index and morphometry: ecohydrological analysis of sub-basins in the Colombian Caribbean

Autores: Mariana Muñetón Villa[1]\, *July Andrea Suárez Gómez*[2,3]

1 Estudiante de Ingeniería Forestal. Departamento de Ciencias Forestales, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. -Integrante del Semillero de Análisis Geoespacial y Medio Ambiente- SAGEMA. mmuneton@unal.edu.co.

2 Profesora Asistente. Departamento de Ciencias Forestales, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Grupo de Teledetección y Manejo Forestal. Líder del semillero SAGEMA jasuarezgom@unal.edu.co*.

3 Candidata a Doctora en Ciencias del Mar, Instituto de Ciencias del mar, Universidad de Antioquia.

Resumen:

Los manglares de la cuenca Directos Caribe Golfo de Morrosquillo (DCGM) son ecosistemas cuya distribución, densidad y dinámica hidrológica está asociada a las cuencas terrestres que las abastecen, donde factores como la forma de la cuenca, la densidad de drenajes o la estabilidad fluvial determinan la disponibilidad del agua dulce que sostiene estos ecosistemas. El monitoreo de sus trayectorias espacio-temporales es necesario para evaluar impactos ambientales y orientar estrategias de conservación basadas en evidencia cuantitativa, por lo que este estudio tuvo como objetivo comparar la densidad de cobertura de manglar entre las subcuencas hidrográficas de la cuenca DCGM mediante la aplicación del Índice de Vegetación de Manglar (MVI) y caracterizar su relación con variables morfométricas de sus cuencas hidrográficas asociadas, con el fin de identificar dinámicas y patrones para describir la distribución del manglar. Para alcanzar este objetivo, se delimitaron 15 subcuencas dentro de la cuenca DCGM utilizando ArcHydro Tools como base, con re-delimitación manual en función de las curvas de nivel y los drenajes principales, asociadas a los parches de manglar identificados. El MVI, que integra las bandas verde, infrarrojo cercano e infrarrojo de onda corta de imágenes Sentinel-2, fue aplicado en la franja costera de la cuenca para el período 2019–2025 mediante la plataforma MVI Mapper de Google Earth Engine, con un umbral de detección entre 2,5 y 20 unidades y altura máxima de dosel de 50 m. Para evitar sobreestimaciones se empleó la capa oficial de manglares del INVEMAR del año 2022 como máscara espacial. A partir del conteo de píxeles por subcuenca se calculó una densidad normalizada por área (dPx), en conjunto con cinco variables morfométricas de las cuencas: área (A), factor de forma (Ff), relación de elongación (Re), densidad de drenaje (Dd) y estabilidad fluvial (E), se conformó la base de datos para realizar un Análisis de Componentes Principales (PCA), con previa eliminación de variables con alta

colinealidad. El PCA explicó el 82,74% de la varianza total en dos componentes: PC1 (61,87%), determinado por las variables de forma e hidrológicas Ff, Re, E y Dd. Mientras que PC2 (20,87%), está influenciado por A (68,81% de contribución) y dPx (22,67%) en direcciones opuestas. Con estos resultados se identificaron cuatro grupos funcionales: el grupo 1 (Ciénaga La Caimanera, Aeropuerto y Boca Guacamaya), con densidades del MVI relativamente bajas y conformado por las subcuencas de mayor extensión, siendo Boca Guacamaya la que tiene mayor área 103.272 ha. El grupo 2, representado únicamente por Punta Seca, posee la mayor densidad MVI (33,80 píxeles/ha), el grupo 3 (El Tapón, Tolú Norte y Rincón del Mar), con formas compactas y valores intermedios de dPx, y el grupo 4, compuesto por ocho subcuencas pequeñas, alargadas y con alta densidad de drenaje que presentan la menor cobertura relativa de manglar. Este estudio evidencia que las subcuencas son heterogéneas entre sí en cuanto a las dinámicas hidrológicas y distribución de manglar, lo que resulta útil para distinguir patrones. Adicionalmente, permitió sintetizar la variabilidad de las subcuencas e identificar grupos con características similares, lo cual aporta información relevante para la toma de decisiones en términos de planificación y conservación de la cuenca.

Palabras clave: manglares, morfometría de cuencas, índice de vegetación de manglares, análisis de componentes principales, Golfo de Morrosquillo
Keywords: mangroves, basin morphometry, mangrove vegetation index, principal component analysis, Morrosquillo Gulf.

Integración del monitoreo molecular como herramienta innovadora para la vigilancia de la biocontaminación en Colombia / Integration of molecular monitoring as an innovative tool for biocontamination surveillance in Colombia

Autores: Vanessa Yepes Narváez Ph.D.[1*]; Sara Arenas-Uribe M.Sc.[2], Liseth Arregocés M.Sc.[2], Juan Tovar B.Sc.[2], Fredys Sánchez Catalán Ph.D.[2], Humberto Quintana B.Sc.[2]; Luis Chasqui M.Sc.[1]

1. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andréis" INVEMAR, Colombia

2. Dirección General Marítima DIMAR, Colombia

(*Vanessa Yepes Narváez realizará la presentación oral)

Autores:

Las invasiones biológicas constituyen una de las principales amenazas para la biodiversidad marina y la seguridad ambiental en zonas portuarias. En Colombia, la Dirección General Marítima (DIMAR) y el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR han establecido una articulación estratégica para fortalecer la vigilancia ambiental mediante herramientas biomoleculares avanzadas. Esta alianza integra capacidades operativas, normativas y científicas para responder a los retos establecidos por el Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre (BWM), el Convenio internacional sobre el control de los sistemas antiincrustantes perjudiciales en los buques (Convenio AFS), y las Directrices de 2023 para el control y la gestión de las incrustaciones biológicas de los buques a los efectos de reducir al mínimo la transferencia de especies acuáticas invasivas, a la vez que busca contribuir a los esfuerzos nacionales para el logro de la Meta 6 del Marco Global de Biodiversidad de Kumming-Montreal y a la normativa nacional en materia de gestión de la amenaza a la biodiversidad que representan las invasiones biológicas. Desde 2024 DIMAR e INVEMAR han desarrollado pilotos orientados a evaluar la eficacia del ADN ambiental en el monitoreo de la biodiversidad asociada a puertos comerciales de Santa Marta, Barranquilla, Cartagena y Coveñas, así como al análisis de contaminación marina a través de aguas de lastre, bioincrustaciones y especies exógenas marinas (EEM) en buques y naves. El muestreo incluyó transectos con filtración de agua y en tanques de lastre, así como la recolección de muestras biológicas incrustadas en pilotes, boyas de señalización marítima y otros sustratos artificiales. Los análisis moleculares fueron realizados con secuenciación masiva, herramientas bioinformáticas y bases de datos de referencia genética. Los resultados han revelado patrones diferenciales asociados a las características

hidrológicas y antrópicas intrínsecas. Puerto Velero, presentó la mayor riqueza detectada, con predominancia de copépodos, moluscos, poliquetos y cnidarios, evidenciando conectividad con hábitats naturales. El Puerto de Barranquilla, influenciado por el río Magdalena, mostró menor diversidad, pero alta representatividad de hongos y protistas, indicadores de condiciones estuarinas altamente dinámicas. En Cartagena, el corredor portuario presentó abundancia de organismos planctónicos, así como señales moleculares de bivalvos del orden Mytilida, un grupo que incluye especies con potencial riesgo de invasión. El muestreo en tanques de lastre permitió confirmar la persistencia de ADN planctónico aportando un panorama útil para la evaluación de la gestión del riesgo asociada a este vector. Aunque no se detectaron especies exóticas invasoras confirmadas, la presencia recurrente de secuencias de grupos de interés, como Mytilida y Crustacea subraya la necesidad de vigilancia continua. Paralelamente, se avanzó en el análisis integrativo de bioincrustantes, registrando más de 504 especímenes pertenecientes a nueve taxa, con predominancia de Cirripedia, Annelida, Porifera y Bivalvia, permitiendo alimentar colecciones de referencia y generar más de 150 secuencias genéticas de alta calidad para fortalecer bases de datos. En conjunto, estos avances consolidan las bases para un programa nacional de vigilancia molecular, fortaleciendo la toma de decisiones basadas en evidencia y optimizando la gestión del riesgo biológico en los puertos colombianos.

Palabras clave: Biocontaminación Marina; eDNA; Bases de datos Genéticas; Especies Exóticas Invasoras; Biomonitoreo
Keywords: Marine Biocontamination; eDNA; Genetic Databases; Invasive Alien Species; Biomonitoring

Interacciones entre embarcaciones turísticas y ballenas jorobadas: cambios comportamentales y regulación en el Pacífico Colombiano / Interactions between tourism vessels and humpback whales: behavioral responses and regulation in the Colombian Pacific

Autores: Laura González-Gordon[1,2]*, Laura Valentina Girón-Castaño[1,3], Felipe Moreno-González[1], Marcela Hernández-Zapata[1,4], Dalia C. Barragán-Barrera[1,5,6] & Ann Carole Vallejo[1]

1 R&E Ocean Community Conservation, Oakville, ON L6M 5H[5], Canadá

2 Universidad de Caldas, Manizales, Colombia

3 Grupo de Investigación en Ecología Animal, Departamento de Biología, Universidad del Valle, Cali, Colombia

4 Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

5 Fundación Oceanidad, Girón, Colombia

6 Panacetacea, St Paul Minnesota, US

Resumen:

El Golfo de Tribugá (GT) constituye un hábitat reproductivo clave para la población de ballenas jorobadas (Megaptera novaeangliae) del Stock G en el Pacífico colombiano. En las últimas décadas, el rápido crecimiento del turismo de avistamiento de ballenas ha generado incertidumbre sobre las respuestas conductuales a corto plazo que generan impactos biológicos a largo plazo, especialmente en grupos madre-cría, los cuales presentan una mayor vulnerabilidad ante perturbaciones antropogénicas. El objetivo de este estudio fue caracterizar los cambios comportamentales de las ballenas jorobadas y evaluar el grado de cumplimiento de la normativa nacional (Resolución 0841-2024 de MinAmbiente) mediante un análisis antes-durante-después (ADD) de la presencia de embarcaciones de turismo, durante las temporadas reproductivas de 2024-2025 en GT. Para ello, se realizaron muestreos no sistemáticos a bordo de plataformas de investigación partiendo desde la cabecera municipal de Nuquí. Se empleó el software Mysticetus para registrar en tiempo real la posición geográfica, esfuerzo de muestreo, condiciones ambientales, conducta de las embarcaciones turísticas (aproximación, distancia y tiempo de permanencia), y comportamiento y composición del grupo focal. Cada avistamiento se clasificó en una de las tres fases ADD, incluyendo para el análisis únicamente registros ≥ 15 min. Para 2024 se analizaron 11 grupos representativos (de 47 avistados), mientras que en 2025 la cifra ascendió a 24 grupos analizados

(de 106 avistados). Los resultados indicaron que, en ambos años, los grupos con cría fueron los más frecuentemente avistados (45.4 % en 2024; 75 % en 2025). Un hallazgo relevante fue la transición conductual, mientras que en 2024 predominó el estado de viaje (70.7 %) con baja actividad de superficie, en 2025 el 81.8 % de los grupos avistados por lanchas exhibieron comportamientos de superficie activos (saltos y coletazos), liderados en un 88.9% por grupos con cría. Notablemente, en 2024 el 63.6 % de los grupos estuvo expuesto a embarcaciones, con una duración media de avistamiento de 42 min, documentando eventos de evasión vinculados a un alto número de embarcaciones turísticas. Respecto al cumplimiento normativo, aunque en 2025 aumentó la frecuencia de avistamientos con una sola embarcación (58.3 %), persisten incumplimientos que superan el límite nacional de tres embarcaciones por grupo, registrándose hasta ocho simultáneas en 2024 y cinco en 2025. La alta frecuencia de aproximaciones inferiores a 100 m y el elevado número de embarcaciones por grupo, podrían inducir cambios inmediatos en la trayectoria, actividad de superficie y comportamiento evasivo a corto plazo. Estos patrones resultan preocupantes, pues como se ha reportado en otras localidades a nivel global, la exposición prolongada a perturbaciones turísticas puede comprometer la eficacia reproductiva y afectar la permanencia de la especie en hábitats reproductivos. Se concluye que se evidencian cambios comportamentales significativos, y que los niveles de cumplimiento normativo son deficientes por la falta de monitoreo sistemático. Esta investigación resalta la necesidad de fortalecer las estrategias de manejo adaptativo y la vigilancia oficial en GT. Es fundamental implementar programas de monitoreo comunitario participativo para asegurar un turismo responsable que no comprometa la integridad y fidelidad de esta población al Pacífico colombiano.

Palabras clave: Megaptera novaeangliae, Cumplimiento normativo, Pacífico Oriental Tropical, Stock G, Turismo de avistamiento

Keywords: Megaptera novaeangliae, Regulatory compliance, Eastern Tropical Pacific, Stock G, Whale-watching tourism

Living labs para la resiliencia costera en el Caribe: resultados preliminares, retos y lecciones aprendidas de los Proyectos innovacuba y costas resilientes

Autores: Lucia Licero-Villanueva, Karina Barquet, Daniela Duran Afiliación: Instituto de Ambiente de Estocolmo (SEI)

Resumen:

En el Caribe, los proyectos InnovaCuba y Costas Resilientes están desarrollando Living Labs como plataformas de innovación para la resiliencia costera, donde se co-diseñan e implementan Soluciones basadas en la Naturaleza. En Cuba, se ha iniciado la restauración de manglares y dunas en Rincón de Guanabo, integrando la apicultura como alternativa económica sostenible. En República Dominicana, se avanza en la restauración hidrológica de manglares afectados por hipersalinización debido a la minería de sal tradicional. Mientras tanto, en Colombia, se ha emprendido la restauración del arrecife de Varadero con la instalación de más de 300 estructuras "reef star", logrando la participación directa de pescadores locales y generando nuevas oportunidades de empleo. Paralelamente, se viene consolidado una Comunidad de Práctica que conecta a 8 países del Caribe para escalar estas soluciones. Entre los aprendizajes clave se destaca la co-creación como herramienta fundamental para la aceptación local y la sostenibilidad, la bioeconomía circular como impulsor de medios de vida y conservación, y el financiamiento combinado como elemento esencial para ampliar impactos. Aunque persisten desafíos como los altos costos logísticos en entornos insulares, las limitaciones en la gobernanza local y la complejidad de coordinar múltiples actores, los resultados obtenidos hasta ahora demuestran el alto potencial de replicabilidad de este modelo en diversos contextos socioeconómicos del Caribe.

Palabras clave: Living Labs; Resiliencia Costera; Soluciones basadas en la Naturaleza; Gran Caribe; Comunidad de Práctica; Co-creación

Macroalgas a la deriva y asociadas al litoral rocoso del departamento de la Guajira, Colombia / Drifting macroalgae and associated with the rocky shore of the department of la Guajira, Colombia

Autores: Álvaro Sandoval-Riveros.

1 Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Departamento de Biología, Edificio 421, Laboratorio de Biología Marina, Carrera 30 Calle 45, Ciudad Universitaria, Bogotá D.C., Colombia.

(*Álvaro Sandoval-Riveros hará presentación oral)

Resumen:

La flora de macroalgas del departamento de La Guajira empieza a estudiarse solo hasta 1939 con la expedición Allan Hancock liderada por W.R.Taylor, quien recolectó algas bentónicas mediante dragado y algas a la deriva1. Posteriormente, entre los años 60 y 80, surgieron las investigaciones más relevantes, destacándose los trabajos de Schnetter y Bula-Meyer. Estos estudios aportaron nuevos registros y descripciones de especies, principalmente en zonas intermareales, submareales superiores y provenientes de arribazones2,3,4,5,6,7,8. Tras dos décadas sin estudios en La Guajira, hacia el 2000 surge el aporte de Bula-Meyer y Norris9, además del primer muestreo mediante buceo autónomo realizado por Díaz-Pulido, quien recolectó algas entre 5 y 36 m de profundidad10. Estos trabajos permitieron consolidar en 2003 el listado más actualizado de macroalgas, con 159 especies registradas para la región11. Desde entonces, solo se cuenta con el reporte de una especie asociada al herbario Germán Bula-Meyer12 y la identificación del alga introducida Caulerpa scalpelliformis (R.Brown ex Turner) C.Agardh13.Este estudio, resultado de la Maestría en Ciencias–Biología del autor, tuvo como objetivo aportar al inventario de la diversidad de macroalgas de La Guajira. Para ello, se realizaron muestreos entre febrero y marzo de 2021 en cuatro localidades: Riohacha, Musichi, Santa Rosa y Cabo de la Vela. Se trabajaron los ambientes de litoral rocoso, espolones artificiales, playas con rocas y playas con conglomerados semi– consolidados areno–arcillosos con estratos coralinos fósiles, en los cuales se recolectó material ficológico de la franja intermareal y submareal superior, junto con material de arribazones, el cual fue preservado en etanol (96%) hasta su identificación. Se reportan 258 taxa, de los cuales 218 se determinaron a especie (variedad o subespecie); distribuidos en 4 filos, 28 órdenes, 48 familias y 101 géneros. De estos, 161 son nuevos registros, incluyendo uno para el Atlántico: Acrochaetium ralfsiae Børgesen, 29 para el Caribe y 52 para Colombia. Se documentan por primera vez para el Caribe los géneros: Streblonema, Hecatonema, Chilionema, Protectocarpus y Microspongium. Se realizaron anotaciones sobre distribución y el estado taxonómico y nomenclatural de algunas especies. Destaca la presencia de 24 algas que pueden corresponder a nuevas especies para la ciencia. Se contribuye con un incremento del 99% de la diversidad de macroalgas para La

Guajira y del 7,9% para Colombia, posicionando al departamento como una de las regiones más ricas en macroalgas de Colombia11,13,14,15,16,17,18,19,20,21 y al país como una de las floras más diversas del Atlántico Occidental22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32. La composición y abundancia de especies varió entre localidades, principalmente por el tipo de sustrato, siendo el litoral rocoso el de mayor riqueza y las playas con rocas el ambiente con menor riqueza. El componente epífito fue clave en todos los ambientes. Las algas a la deriva presentan una diversidad importante asociada a diferentes ambientes tanto someros como profundos y macroalgas sobre basura plástica. Finalmente, los análisis sugieren que aún existe una diversidad no documentada, resaltando la necesidad de continuar las investigaciones sobre la flora marina del departamento.

Palabras clave: Taxonomía, distribución, morfología, intermareal, arribazones.
Keywords: Taxonomy, distribution, morphology, intertidal, drift.

Referencias:

1 Taylor, W. R. (1942). Caribbean marine algae of the Allan Hancock Expedition, 1939, Rep. Allan Hancock Atlantic Expedition, 2, Los Angeles. 2 Schnetter, R. (1969). Beitrag zur kenntnis der algenflora an der kolumbianischen küste der Karibischen See. Mitteilungen aus dem. Instituto Colombo-Alemán de Investigaciones Científicas “Punta de Betín”, 3:49-57. 3 Schnetter, R. (1972). Nuevas algas bénticas del litoral Caribe de Colombia. Mutisia, 36:12-16. 4 Schnetter R. (1975). Nuevas algas bénticas del litoral Caribe de Colombia II. Caldasia, 11:57- 59. 5 Schnetter, R., y Bula-Meyer, G. (1977). Rodofíceas nuevas para la costa atlántica de Colombia I. Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta de Betín, 9:81-90. 6 Schnetter, R., y Bula-Meyer, G. (1978). Rodofíceas nuevas para la costa atlántica de Colombia II. Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta de Betín, 10:95-99. 7 Schnetter, R., y Bula-Meyer, G. (1979). Rodofíceas nuevas para la costa atlántica de Colombia III. Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta de Betín, 11:71-85. 8 Schnetter, R. (1980) Algas marinas nuevas para los litorales colombianos del mar Caribe. Caribbean Journal of Science, 15:121-125. 9 Bula-Meyer, G. y Norris, J. (2001). Notes on new records of red algae from the Colombian Caribbean. Botanica Marina, 44:351–360. 10 Diaz-Pulido, G. (2000). Vegetación marina de un sector de la plataforma continental de la Guajira (Caribe colombiano). Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 29:27-33. 11 Diaz-Pulido, G. y Diaz-Ruíz, M. (2003). Diversity of benthic marine algae of the Colombian Atlantic. Biota colombiana, 4(2), 203-246. 12 García–Urueña, R.D.P y Cabarcas–Jiménez, M.P. (2021). Algas pardas (Ochrophyta: Phaeophyceae) de la colección ficológica "Germán Bula Meyer", de la Universidad del Magdalena. Dataset/Occurrence. https://doi.org/10.15472/ul1weo Universidad Magdalena. v1.0. del 13 Gavio, B., Rincón-Díaz, N., Chasqui, L., Luna, M., y Puyana, M. (2022). Spatial variation of vegetative growth of the introduced species Caulerpa scalpelliformis along La Guajira peninsula, Colombia. Nova Hedwigia, 115(3–4): 307 – 316. 14 Rincón–Díaz, M.N., Gavio, B., Rincón, N. (2020). Diversidad de Macroalgas Marinas del Caribe colombiano. Version 2.8. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – Invemar. Checklist dataset

https://doi.org/10.15472/alecqe accessed via GBIF.org on 2025–09–09. 15 Quintana Manotas, H.L., Hernández–Contreras, D.A., y Gavio, B. (2024). Listado actualizado y nuevos registros de macroalgas para el Golfo de Morrosquillo, Caribe colombiano. Acta Botanica Mexicana, 131(e2288): 1–23. 16 Salazar–Forero, C., Gavio B. y Wynne, M.J. (2021). Macroalgae associated with aerial roots of Rhizophora mangle in Islas del Rosario, Colombia, Southwestern Caribbean. Caldasia, 43(1): 94– 104. 17 Reyes–Gómez, V.P., Velásquez Pomar, H., y Gavio, B. (2021). Notas sobre las algas marinas de la Reserva Internacional de la Biosfera Seaflower, Caribe Colombiano VIII: nuevos registros de algas rojas (Rhodophyta) de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Colombia. Acta Botanica Mexicana, (128). https://doi.org/10.21829/abm128.2021.1848 18 Beltrán–Rozo, T.L. (2025). Diversidad de macroalgas marinas en las islas-cayos Serranilla y Bajo Nuevo, Reserva de la Biosfera Seaflower, Colombia. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Maestría en Ciencias - Biología]. Universidad Nacional de Colombia. 19 Cárdenas–Barón, F., Gavio, B. y Wynne, M.J. (2025). Notes on the marine algae of the International Biosphere Reserve Seaflower, Caribbean Colombia XI: Pseudobryopsis basiglabra sp. nov. (Pseudobryopsidaceae, Chlorophyta). Acta Botanica Mexicana, 132: e2419. DOI: https://doi.org/10.21829/abm132.2025.2419 20 Daza, Y.C.M., Franco, P.A., Díaz, V., Sandoval, A.A. y Gavio, B. (2023). Notes on the ma¬rine algae of the International Biosphere Reserve Seaflower, Caribbean Colombia IX: new records of Lobophora declerckii, Taonia abbottiana and Verosphacela ebrachia for Colombia. Acta Botanica Mexicana, 130: e2235. DOI: https://doi.org/10.21829/ abm130.2023.2235. 21 Daza, Y.C.M., Díaz, V., Franco, P.A. y Gavio, B. (2025). Notes on the Marine Algae of the International Biosphere Reserve Seaflower, Caribbean Colombia X: New Records of Red Algae (Rhodophyta) from Old Providence and Santa Catalina. Thalassas: An International Journal of Marine Sciences, 41(1), 56. 22 Pedroche, F. y Sentíes, A. (2020). Diversidad de macroalgas marinas en México. Una actualización florística y nomenclatural. Cymbella, 6(1): 04–55. 23 Web Ficoflora Venezuela. 2025. Catálogo digital de la Ficoflora de Venezuela. Publicación electrónica. Universidad Central de Venezuela, Caracas. Editores: Santiago Gómez, Yusneyi Carballo Barrera, Mayra García y Nelson Gil Luna. Consultado el 9 de Septiembre de 2025, en https://www.ficofloravenezuela.info.ve/public/index 24 Suárez, A.M., Martínez–Daranas, B., Alfonso Sánchez, Y., Moreira–González, Ángel R., y Jover Capote, A. (2023). Lista actualizada de las macroalgas marinas cubanas. Acta Botanica Mexicana, (130): 1–61. 25 Ballantine, D.L. y Aponte, N.E. (2002). A checklist of the benthic marine algae known to Puerto Rico, http:// S3.S. Constancea ucjeps.berkeley.edu/constancea/S3/ballantine_aponte/ checklist.html On–line: revision. second 26 Ballantine, D.L., Norris, J.N. y Ruiz, H. (2021). The marine benthic algal flora of Puerto Rico, I. Ochrophyta: Phaeophyceae, Pelagophyceae, and Xanthophyceae. Smithsonian Contributions to Botany, 114: [i]–vi, [1]–114, 78 figs. 27 Ballantine, D.L., Norris, J.N. y Ruiz, H. (2023). The marine benthic algal flora of Puerto Rico, II. Chlorophyta and Prasinodermatophyta. Smithsonian Contributions to Botany, 117: [1]–x, [1]– 164, 116 figs. 28 Herrera–Moreno, A. y Betancourt–Fernández, L. (2022). Premier inventaire des espèces de macroalgae marines benthiques (Rhodophyta, Ochrophyta et Chlorophyta) d'Haïti. Reporte de Investigación del Programa EcoMar, 22(2): 1–26. 29 Dawes, C.J. y Mathieson, A.C. (2008). The seaweeds

of Florida. pp. [i]– viii, [1]–591, [592], pls I–LI. Gainesville, Florida: University Press of Florida. 30 Schneider, C.W. y Searles, R.B. (1991). Seaweeds of the southeastern United States. Cape Hatteras to Cape Canaveral. pp. xiv + 553, 563 figs, 2 tables. Durham y London: Duke University Press. 31 Wynne, M.J. (2008). A Checklist of Benthic Marine Algae of the Coast of Texas. Gulf of Mexico Science, 26 (1). 32 Oliveira Filho, E.C. (1977). Algas marinhas bentônicas do Brasil. Tese de Livre Docência, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Maravillas microscópicas: explorando moluscos planctónicos del Santuario de Fauna y Flora Malpelo / Microscopic wonders: exploring planktonic mollusks in the malpelo fauna and flora sanctuary

Autores: Edgar Fernando Dorado-Roncancio, M.Sc.[1]*; Cristina María Cedeño-Posso, M.Sc.[1];

1 Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR. Santa Marta Colombia (*Edgar Fernando Dorado-Roncancio hará la presentación oral)

Resumen:

En el marco del proyecto "Exploración de la biodiversidad de los montes submarinos profundos y estrategias de monitoreo de Áreas Marinas Protegidas (AMP) en el Pacífico colombiano a lo largo de gradientes batimétricos", desarrollado por la Alianza Océano Profundo – Pacífico Tropical Oriental, que integra al INVEMAR, la Fundación Charles Darwin (Ecuador), el Smithsonian Tropical Research Institute (Panamá), la Universidad de Costa Rica y FAICO (Costa Rica), se realizó un estudio del plancton alrededor del Santuario de Fauna y Flora Malpelo en colaboración con Parques Nacionales de Colombia y UNIVALLE , integrando mediciones oceanográficas y muestreos biológicos en cuatro estaciones. La atenuación de la luz se estimó mediante disco Secchi y se efectuaron arrastres planctónicos para el estudio del mesozooplancton, utilizando redes cónicas de 300 µm equipadas con sistemas de apertura y cierre y flujómetro, lo que permitió evaluar su distribución en distintos estratos de la columna de agua (50–0 m y 100–0 m). A partir del análisis de seis muestras de mesozooplancton se identificaron 98 morfoespecies pertenecientes a ocho phyla, destacándose Arthropoda como el grupo más frecuente (63,3 %), dominado por copépodos epipelágicos y mesopelágicos. El phylum Mollusca representó el 10,2 % del total, compuesto principalmente por heterópodos y pterópodos planctónicos, organismos ampliamente reconocidos por su alta sensibilidad a cambios en la química del carbonato marino, destacando la presencia de Atlanta plana, Cavolinia sp., y Cavolinia inflexa.* La presencia y diversidad de moluscos planctónicos en aguas oceánicas del Santuario de Fauna y Flora Malpelo adquiere especial relevancia en el contexto de la acidificación oceánica, ya que estos organismos calcificadores responden rápidamente a variaciones del pH y de la saturación de carbonato de calcio, lo que los convierte en potenciales bioindicadores tempranos de los efectos del cambio global en los ecosistemas pelágicos. En este sentido, los resultados aportan información clave para comprender la estructura y vulnerabilidad del plancton en ambientes insulares oceánicos y fortalecen las estrategias de monitoreo ambiental y conservación de las Áreas Marinas Protegidas profundas del Pacífico colombiano frente a escenarios de cambio climático. Este esfuerzo se enmarca en la Alianza Océano Profundo, una iniciativa regional que articula instituciones científicas y organizaciones de Colombia, Ecuador, Panamá y Costa Rica, con el propósito de investigar, comprender y proteger los hábitats de aguas profundas del Pacífico Este Tropical.

Palabras clave: Pacifico Tropical Oriental, biodiversidad, pterópodos; heteropodos, bioindicadores.
Keywords: Eastern Tropical Pacific, biodiversity, pteropods, heteropods, bioindicators.

Mas allá de la macromorfología: evidencia integral descifra la diversidad del género Pocillopora (Pacífico colombiano). / Beyond macromorphology: comprehensive evidence reveals the diversity of the genus Pocillopora in the Colombian Pacific.

Autores: Dra. Ana M. Millán-Márquez[1-2], *PhD. Fernando A. Zapata*[1].

1. Grupo de Investigación de Ecología de Arrecifes Coralinos. Universidad del Valle. Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Colombia.

2. Parques Nacionales Naturales de Colombia - SFF Malpelo. Colombia. Ana Maria Millán-Márquez presentará la ponencia oral.

Resumen:

La categorización adecuada de las unidades biológicas fundamentales a nivel de especie es esencial para caracterizar la biodiversidad. Una correcta identificación de las especies recae en la consistencia de los caracteres taxonómicos que permiten delimitarlas. En los corales, los rasgos tradicionalmente usados para separar a las especies se basan en la morfología del esqueleto de la colonia (características macromorfológicas del corallum) y de la estructura de las coralitas (características micromorfológicas), que con frecuencia están sujetas a amplias variaciones intra- específicas que conducen a una clasificación errónea. Recientemente, el género Pocillopora ha sido el foco de varios estudios sobre delimitación de especies utilizando marcadores moleculares, debido a la poca resolución taxonómica basada únicamente en la morfología. Sin embargo, en algunos casos estos marcadores moleculares no han sido suficientes para la diferenciación de las especies en el Pacífico Oriental Tropical (POT). En este trabajo colectamos 240 fragmentos de Pocillopora que abarcaban una amplia variabilidad morfológica (ocho especies nominales) en cuatro comunidades coralinas del Pacífico colombiano (Golfo de Cupica, PNN Utria, PNN Gorgona y SFF Malpelo). Utilizamos dos marcadores moleculares (mtORF e histona 3) y datos de la micromorfología de la coralita con el fin de re-evaluar la diversidad de especies de Pocillopora registrada anteriormente para el Pacífico colombiano. Como en otros estudios, no encontramos una clara congruencia entre la identificación de las especies usando la macromorfología y los linajes filogenéticos obtenidos con base en evidencia molecular. Sin embargo, la micromorfología apoyó la mayoría de los linajes encontrados con los datos genéticos. La evidencia sugiere que las nueve especies identificadas macromorfológicamente, corresponden únicamente a cuatro especies delimitadas molecularmente y con la micromorfología. Muy probablemente, la alta plasticidad morfológica en este género ha llevado a una sobreestimación de la diversidad. Por otro lado, un linaje (Pocillopora sp. 13d) representa un caso de una especie críptica que requiere ser descrita pues ha sido erróneamente identificada previamente como Pocillopora damicornis, cuya distribución se restringe al Indo-Pacífico. Estos resultados muestran que existe una sobrestimación

en las estimaciones de la diversidad de Pocillopora en el POT, y por otro lado, la confirmación de una especie criptica.

Palabras clave: delimitación de especies, marcadores moleculares, micromorfología, macromorfología, plasticidad morfológica.
Keywords: species delimitation, molecular markers, micromorphology, micromorphology, morphological plasticity.

Más allá de los registros biológicos: predicciones espaciales sobre la distribución potencial de especies marinas / Beyond biological records: spatial predictions of the potential distribution of marine species

Autores: Juan Camilo Zárate Arévalo[1]\, Luis Chasqui[1], Silvia Sierra Escrigas[1]

1 Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vides de Andréis" INVEMAR, Colombia. (\Juan Camilo Zárate Arévalo hará la presentación oral)

Resumen:

Introducción: El conocimiento sobre la distribución espacial de especies marinas en Colombia es limitado debido a la baja disponibilidad de registros en bases de datos biológicas o literatura científica. En este contexto, los Modelos de Distribución de Especies (MDE) surgen como una herramienta útil para generar aproximaciones espaciales de idoneidad de hábitat de especies marinas a partir de registros de presencia y variables ambientales. Objetivo: Desde 2022, el INVEMAR ha implementado la metodología propuesta por la plataforma Wallace con la finalidad de fortalecer el conocimiento sobre la distribución potencial de diversas especies marinas que actualmente se encuentran bajo algún grado de amenaza. Métodos: Los registros biológicos fueron compilados a partir de bases de datos nacionales e internacionales, literatura científica, y aportes de expertos, y posteriormente validados por parte de especialistas del INVEMAR, y otras instituciones. Las variables ambientales se obtuvieron de fuentes en línea como MARSPEC y/o Bio-Oracle, mientras que el área de estudio se definió según la distribución conocida de cada especie, abarcando el Caribe, el Pacífico colombiano, o ambos. Los modelos se desarrollan utilizando el algoritmo de máxima entropía (MaxEnt), un método de aprendizaje automático que estima la distribución potencial de las especies a partir de las condiciones de idoneidad ambiental. Resultados: se generaron 171 modelos de idoneidad de hábitat para diferentes grupos de especies marinas en Colombia. Discusión: cada modelo representa un insumo relevante para evaluaciones de riesgo de extinción, y la identificación de áreas marinas prioritarias para la conservación. Finalmente, los modelos fueron integrados a la plataforma Biomodelos del Instituto Humboldt para su validación por expertos nacionales, y alcance al público en general. Conclusión: Los modelos generados constituyen una herramienta clave para mejorar el conocimiento sobre la distribución de especies marinas en Colombia y apoyar la toma de decisiones en conservación.

Palabras clave: MDE, MaxEnt, idoneidad de hábitat, BioModelos, conservación.
Keywords: SDM, MaxEnt, habitat suitability, BioModelos, conservation.

Metodología para el análisis de conectividad en ecosistemas profundos del Pacífico tropical oriental / Methodology for connectivity analysis in deep-sea ecosystems of the tropical eastern pacific

Autores: Juan Camilo Zárate Arévalo:[1]\, Luis Chasqui [1,] David Alonso[1], Cristina Cedeño[1], Vanessa Yepes[1]

1 Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vides de Andréis" INVEMAR, Colombia. (\Juan Camilo Zárate Arévalo hará la presentación oral)

Resumen:

Introducción: la conectividad ecológica en ecosistemas profundos asociados a montes, cañones submarinos y otras formaciones geológicas constituye un proceso clave para el intercambio genético, la estabilidad poblacional y la resiliencia de especies de profundidad, particularmente aquellas con estrategias de vida asociadas a largas fases larvales o baja movilidad en estado adulto. No obstante, la información disponible sobre estos sistemas es aún limitada debido a los altos costos de exploración y la complejidad ambiental que caracteriza la zona profunda. Objetivo: desarrollar e implementar una aproximación metodológica para estudiar la conectividad ecológica potencial en ambientes profundos de áreas marinas protegidas del Pacífico Tropical Oriental, mediante la integración de modelos de rutas de mínimo costo y simulaciones de dispersión larval basadas en la dinámica oceánica. Métodos: se implementaron dos enfoques complementarios en R. El primero consistió en un modelo de conectividad potencial basado en rutas de mínimo costo, utilizando una matriz de resistencia derivada de variables ambientales asociadas a profundidad y condiciones oceanográficas, aplicada entre centroides de áreas marinas protegidas. El segundo correspondió a un modelo de conectividad funcional mediante simulación de trayectorias larvales, utilizando datos diarios de corrientes oceánicas (CMEMS) y considerando parámetros biológicos como tiempo máximo de vida larval (hasta 13 meses) y capacidad de dispersión (~500 km). Se evaluaron escenarios con diferentes niveles de complejidad: (i) corrientes, (ii) corrientes más resistencia por temperatura y salinidad, y (iii) dispersión de adultos sin influencia de corrientes. Resultados: los resultados preliminares evidencian patrones diferenciados de conectividad según el enfoque metodológico aplicado. En el modelo de conectividad potencial basado en rutas de mínimo costo, se identifican corredores entre áreas marinas protegidas, resaltando zonas clave del sistema profundo. En el modelo de conectividad funcional, las simulaciones basadas únicamente en corrientes muestran alta dispersión potencial, mientras que la inclusión de variables de resistencia ambiental restringe y estructura las trayectorias. Discusión: estos resultados sugieren que la conectividad en ecosistemas profundos depende fuertemente del enfoque utilizado, donde los modelos estructurales identifican conexiones potenciales, mientras que los funcionales incorporan procesos oceanográficos y biológicos que hacen más realistas las rutas de dispersión, resaltando la importancia de integrar ambos enfoques. Conclusión: el

desarrollo de modelos de conectividad potencial y funcional proporciona una aproximación complementaria para estudiar la conectividad en ecosistemas profundos, permitiendo identificar posibles rutas de dispersión, lo que puede utilizarse como insumo para identificar áreas prioritarias de conservación y mejorar el diseño y monitoreo de redes de áreas marinas protegidas como el Corredor Marino del Pacífico Este Tropical (CMAR).

Palabras clave: conectividad potencial, conectividad funcional, ecosistemas profundos, variables ambientales, CMAR.
Keywords: potential connectivity, functional connectivity, deep-sea ecosystems, environmental variables, CMAR.

Monitoreo de la salud de delfines mediante microbiomas: implementación piloto en el Pacífico Colombiano / Microbiome-based health monitoring of dolphins: a pilot implementation in the Colombian Pacific

Autores: Autor o autores y afiliación: Jennifer Bachmann[1*], María Angélica Rueda Barajas[1], Yerson Murillo Gonzalez[1], Luis- Antonio Lloreda Mosquera[1], Edwin Murillo Gonzalez[1], Anny Cárdenas Barbosa[2], Dalia C. Barragán- Barrera[1], Alejandro Reyes Muñoz[3]

1 Fundación Oceanidad, Girón, Colombia

2 American University, Washington, USA

3 Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

Resumen:

Los cetáceos, debido a su alto nivel trófico, longevidad y estrecha interacción con su entorno, son ampliamente reconocidos como especies indicadoras de la salud de los ecosistemas. En este contexto, el análisis de microbiomas ha emergido como una herramienta prometedora y mínimamente invasiva para evaluar la salud de los cetáceos y la calidad ambiental; sin embargo, su aplicación presenta sesgos geográficos y taxonómicos importantes, especialmente en el Pacífico tropical oriental. El Golfo de Tribugá, ubicado en el norte del Chocó biogeográfico en el Pacífico colombiano, es un hotspot de biodiversidad donde la investigación se ha centrado principalmente en ballenas jorobadas (Megaptera novaeangliae), mientras que el estado de salud de los pequeños cetáceos sigue siendo poco explorado. Delfines del género Stenella, en particular S. attenuata y S. longirostris, son observados regularmente en aguas costeras del golfo, pero no existen hasta la fecha enfoques de monitoreo basados en microbiomas para estas poblaciones. En este trabajo presentamos la primera implementación piloto de un marco de monitoreo de salud basado en microbiomas para cetáceos menores en el Golfo de Tribugá, con el objetivo de establecer una base para la evaluación de la salud y el monitoreo a largo plazo en ecosistemas costeros tropicales. Este enfoque integra el muestreo mínimamente invasivo de individuos en vida libre mediante biopsias remotas, junto con la recolección estandarizada de datos ambientales. Como parte de esta implementación inicial, se obtuvieron muestras de Stenella spp. (n = 4 individuos) correspondientes a dos grupos, complementadas con muestras de agua ambiental y mediciones in situ de temperatura, salinidad y pH. Esta fase piloto forma parte de un programa de monitoreo en curso, con al menos cinco salidas adicionales planificadas para 2026, orientadas a ampliar el tamaño muestral y fortalecer la línea base. Posteriormente, se prevé la extracción de ADN microbiano y la secuenciación de amplicones de la región V4 del gen 16S rRNA, seguida de análisis bioinformáticos para caracterizar la diversidad microbiana (alfa y beta) y evaluar patrones de composición comunitaria, con el objetivo de identificar tendencias generales

y posibles asociaciones entre la estructura microbiana y el contexto ambiental. A partir de esta primera aplicación en campo, proponemos un marco escalable que combina el análisis de microbiomas, la estandarización de metadatos y la integración del contexto ambiental para establecer líneas base microbianas en poblaciones de cetáceos en ecosistemas costeros tropicales. Se discuten además aspectos clave relacionados con la factibilidad logística, la integración de actores locales y el potencial de la ciencia participativa en contextos remotos. Este estudio constituye un primer paso hacia la evaluación de la salud de pequeños cetáceos mediante microbiomas en una región con alta relevancia para la conservación y limitada disponibilidad de datos.

Palabras clave: Cetáceos, microbioma, Una Salud, especies centinelas, Golfo de Tribugá
Keywords: Cetaceans, microbiome, One Health, sentinel species, Gulf of Tribugá

Navegantes ancestrales: seguimiento satelital de dos ejemplares de tortugas marinas en el Caribe Colombiano / Ancient navigators: satellite tracking of two sea turtles in the Colombian Caribbean

Autores: Julián David Morales-Sánchez[1], Esteban Andrade-Lemus[2], Jorge Enrique Bernal-Gutierrez[1]

1 Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Programa de Biología Marina.

2 Proyecto de Conservación de Tortugas Marinas, Acuario Mundo Marino (* Julián David Morales-Sánchez hará la presentación oral)

Resumen:

Las tortugas marinas enfrentan fuertes presiones por pesca incidental, contaminación y pérdida de hábitat en el Caribe colombiano, lo que compromete su supervivencia a largo plazo. Aunque se han desarrollado esfuerzos de conservación, aún existe un vacío de conocimiento respecto a sus patrones de movimiento, áreas de alimentación y uso del hábitat. Es por eso que el objetivo de este trabajo fue caracterizar preliminarmente los desplazamientos de una tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) y una caguama (*Caretta caretta*). Ambos individuos provenientes de la fase de levante etapa XV del Proyecto de Conservación de Tortugas Marinas de Mundo Marino fueron equipados con transmisores satelitales SPOT 395-C de Wildlife Computers equipados con sensores húmedo/seco y conectado al sistema satelital Argos para la recepción de datos. Los resultados arrojan que la tortuga carey transmitió durante 7 días con una distancia de 147.410 km (21,058 km/día), siendo encontrada por pescadores de Taganga en una red de pesca en inmediaciones del Parque Nacional Natural Tayrona, demostrando un mal uso de las artes de pesca. Mientras que la caguama transmitió 44 días, mostrando movimientos costeros en el 75% de sus datos, en donde viajó por 439,742 km (9,9 km/día). Las diferencias observadas reflejan variabilidad interespecífica en el uso espacial y resaltan la influencia de actividades humanas sobre la supervivencia temprana tras la liberación. Estos resultados demuestran que la telemetría satelital es una herramienta eficaz para identificar amenazas, delimitar áreas prioritarias de manejo y evaluar el desempeño de programas de rehabilitación. Se concluye que el monitoreo post-liberación de este estudio contribuye a optimizar estrategias de conservación, reducir la mortalidad por pesca incidental y fortalecer la gestión de tortugas marinas en el Caribe colombiano.

Palabras clave: Telemetría satelital, Transmisor, Carey, Caguama, Conservación
Keywords: Satellite telemetry, Transmitter, Hawksbill turtle, Loggerhead turtle, Conservation

Olas de calor marinas durante el cuarto evento mundial de blanqueamiento coralino y su relación con las tasas de mortalidad en cultivos de corales (Mar Caribe, Colombia)

Autores: Yuli Alexandra Hernández Ubaque[1]* Julio Cesar Otero Perez[1] Jaime Alberto Rojas Ruiz[1]

1 Centro de Investigaciones, Educación y Recreación San Martín – CEINER, Oceanario Islas del Rosario.

Resumen:

Las olas de calor marinas (MHWs por sus siglas en inglés) ocurren cuando la temperatura del océano se torna extremadamente cálida durante un periodo de tiempo prolongado, pueden persistir durante meses o días y extenderse hasta miles de kilómetros. Estos calentamientos anómalos a gran escala son influenciados por El Niño - Oscilación del Sur (ENOS) que eleva la temperatura superficial marina (TSM), generando MHWs que afectan los ecosistemas marinos y las pesquerías a nivel global. Representan una gran amenaza para las actividades de acuicultura marina, causando cambios permanentes en la expresión génica, alteración en el ciclo del desarrollo embrionario y reproductivo, reducción en la tasa de alimentación e incluso mortalidades masivas en diversas especies. Las MHWs son uno de los principales responsables en los eventos de blanqueamiento masivo de corales, promoviendo la necesidad del cultivo de corales con fines de restauración, pues este ecosistema provee una gran cantidad de servicios ecosistémicos como recursos pesqueros, protección de la línea de costa y atractivo turístico. Desde los años 90s el Centro de Investigaciones, Educación y Recreación San Martín (CEINER) que administra el Oceanario de las Islas del Rosario, es pionero en la restauración coralina del Parque Nacional Natural los Corales del Rosario y de San Bernardo (PNNCRSB), consolidando actualmente una de las guarderías de coral más grandes del país. Sin embargo, se ha observado afectaciones temporales atribuidas al cambio climático como las MHWs. Con el objetivo de documentar las anomalías térmicas en la TSM y determinar si corresponden a eventos de MHWs, debido a la alerta del cuarto evento de blanqueamiento coralino a escala mundial emitida por la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA) atribuida al ciclo ENOS. Se instalaron sensores de temperatura HOBO a 4 metros de profundidad registrando datos cada 10 minutos entre julio del año 2023 y diciembre del año 2024. Adicionalmente, se evaluó la sobrevivencia en 5 especies del cultivo de corales mediante una valoración visual con escalas de color estándar del Coral Health Chart (*Acropora cervicornis*, *Acropora palmata*, *Porites porites*, *Porites astreoides* y *Pseudodiploria strigosa*) durante el año 2023. La TSM diaria promedio evidencio un periodo prolongado de MHWs durante los años 2023 y 2024 de 89 y 137 días respectivamente sobre el umbral de tolerancia al blanqueamiento (30,8°C), siendo agosto el mes con la mayor temperatura diaria promedio Tmax (31.7°C ±0,58) durante el 2023 y octubre Tmax (33.21°C ±0,08) durante el 2024. El aumento de temperatura de hasta 2.41°C sobre el umbral de tolerancia es el más grande registrado hasta el momento para la zona y durante el 2023 afectó mayormente los cultivos a *A. palmata*, *A. cervicornis*, *P. strigosa y P. porites*, con

mortalidades generales del 100, 74, 54 y 52% respectivamente. *P. astreoides* fue la especie más resiliente con una mortalidad menor al 10%. El estrés térmico durante las MHWs representó una pérdida mayor al 50 % del cultivo de corales y se recomienda la implementación de cultivos ex situ para controlar estresores ambientales y evitar la pérdida genética.

Palabras clave: Blanqueamiento coralino, Olas de calor marinas, tolerancia térmica, mortalidad de corales, restauración coralina
Keywords: Coral bleaching, marine heatwaves, thermal tolerance, coral mortality, coral restoration.

Predicción de la distribución global de tiburones pelágicos en 100 años ante el cambio climático / Prediction of the global distribution of pelagic sharks in a hundred years in the face of climate change

Autores: *Ana Belén Fernández-Gasca*[1]\, Jaime Andrés Villafaña[2*]

1 Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Programa de Biología Marina, Carrera 2 No. 11-68, Rodadero, Santa Marta, Magdalena, Colombia.

2 Universidad Católica de la Santísima Concepción, Departamento de Ecología, 4090541, Concepción, Chile.

Resumen:

Los tiburones pelágicos cumplen un rol ecológico clave en los ecosistemas marinos como depredadores tope, sin embargo, actualmente enfrentan fuertes presiones derivadas de la sobrepesca y el cambio climático, particularmente con relación a la pérdida de hábitat. Evaluar cómo estas alteraciones ambientales podrían afectar su distribución futura constituye una herramienta fundamental para anticipar cambios en sus patrones espaciales y fortalecer estrategias para su conservación. El objetivo de este estudio fue modelar la distribución global presente y futura del tiburón aletiblanco (*Carcharhinus longimanus*) y del tiburón martillo gigante (*Sphyrna mokarran*) mediante modelos de distribución de especies (SDM). Estos modelos fueron construidos con registros de ocurrencia provenientes de GBIF, proyectados a tres escenarios climáticos futuros, estipulados según las predicciones climáticas del CMIP6 y utilizando el principio estadístico Random Forest, sobre las variables (1) temperatura oceánica (oC°), (2) salinidad, (3) oxígeno disuelto (mmol. m-3), (4) productividad primaria (mmol. m-3), (5) pH y (6) clorofila (mg. m-3). Los resultados mostraron una fuerte contracción del hábitat pelágico de ambas especies en las próximas décadas. El tiburón aletiblanco podría perder más del 50% de su área de ocupación hacia mediados de siglo y mover su distribución a capas más profundas como consecuencia de dichos cambios en la disponibilidad de hábitat pelágico, de acuerdo a los análisis complementarios realizados a partir de la revisión de literatura acerca del uso de hábitat profundo de la especie. Este cambio en su distribución vertical, que se ve representado por un aumento en el área de ocupación, podría asegurar la supervivencia del tiburón aletiblanco. Por su parte, el tiburón martillo gigante presenta una respuesta más severa, mostrando reducciones sobre su hábitat potencial superiores a 75% para el año 2050 y acercándose incluso a la extinción total en escenarios climáticos con condiciones más extremas. Estos resultados sugieren que el cambio climático podría modificar significativamente la distribución de grandes tiburones pelágicos, incrementando su vulnerabilidad y comprometiendo su supervivencia en el presente siglo, lo cual podría llevar en consecuencia al desequilibrio de los sistemas sobre los cuales ejercen un control trófico.

Palabras clave: Cambio climático, SDM, CMIP6, *Carcharhinus longimanus*, *Sphyrna mokarran*
Keywords: Climate change, SDM, CMIP6, *Carcharhinus longimanus*, *Sphyrna mokarran*

Primer registro de reproducción sexual de *Acropora Palmata* en San Andrés Isla, Reserva de Biosfera Seaflower / First report of sexual reproduction in *Acropora Lalmata* in San Andrés Island, Seaflower Biosphere Reserve

Autores: Alexandra Pineda-Muñoz:\ *y Rubén Azcarate*[1].

1 Universidad Nacional de Colombia – Sede Caribe.

2 Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina – CORALINA

Resumen:

Acropora palmata, uno de los principales constructores de arrecifes someros del Caribe, ha experimentado reducciones regionales superiores al 90 %, comprometiendo su viabilidad poblacional. En especies de desove sincrónico, la disminución en la densidad de colonias puede generar efectos de depensación (efecto Allee), reduciendo la probabilidad de fertilización cruzada y limitando el reclutamiento sexual. El objetivo de este estudio fue evaluar la ocurrencia, temporalidad y consistencia de la reproducción sexual de A. palmata en San Andrés Isla, dentro de la Reserva de Biosfera Seaflower. Para ello, se realizaron monitoreos de desove durante las temporadas reproductivas de 2024 y 2025 en arrecifes seleccionados de la isla (Nirvana y El Cove), correspondientes a los principales núcleos poblacionales activos, mediante censos nocturnos en ventanas asociadas al ciclo lunar (–2 a +12 días después de luna llena y ~60–190 minutos después del atardecer), registrando la presencia de gametos visibles en los pólipos, la formación de paquetes gaméticos y su liberación. En 2024 se documentó la presencia de gametos maduros y eventos de desove en múltiples colonias, confirmando la ocurrencia de reproducción sexual en la isla y evidenciando una sincronización fenológica consistente con la reportada para el Caribe. En contraste, durante 2025 no se observaron eventos de desove, a pesar de un esfuerzo de monitoreo equivalente, evidenciando variabilidad interanual en la ocurrencia reproductiva. A escala insular, se evaluó el reclutamiento natural en todos los arrecifes con presencia de la especie, registrándose 3 reclutas en Little Reef, 56 en Schooner Bight, 221 en El Cove y 250 en Nirvana, lo que evidencia una marcada heterogeneidad espacial en la incorporación de nuevos individuos. Estos resultados indican un desacople entre la persistencia de colonias y el funcionamiento reproductivo a escala poblacional, donde la baja densidad, la fragmentación espacial y la dominancia de propagación clonal reducen la probabilidad de fertilización efectiva en una especie autoincompatible, configurando un escenario consistente con efecto Allee. En conjunto, estos hallazgos constituyen el primer registro de reproducción sexual de A. palmata* en San Andrés Isla y muestran que, aunque la especie conserva capacidad reproductiva y presenta reclutamiento en núcleos específicos, estos procesos no ocurren con la frecuencia ni extensión necesarias para sostener

la recuperación poblacional a escala insular. Se concluye que la persistencia de la especie en la Reserva de Biosfera Seaflower no implica viabilidad poblacional, y que las estrategias de conservación deben enfocarse en fortalecer la conectividad reproductiva, incrementar la densidad efectiva de genotipos compatibles y promover el reclutamiento.

Palabras clave: Desove Coralino, Reclutamiento, Efecto Allee, Sincronización Reproductiva, Variabilidad Interanual
Keywords: Coral Spawning, Recruitment, Allee Effect, Reproductive Synchrony, Interannual Variability

Primer registro del género Phaenocelis (*polycladida: acotylea*) en la región centro sur del Caribe Colombiano / First record of the genus *Phaenocelis* (*polycladida: acotylea*) in the central-southern region of the Colombian Caribbean

Autores: Luis e. Pérez-López: * Grupo de Investigación en Biotecnología - GRUBIODEQ, Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Biología, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia.

Resumen:

El orden Polycladida comprende un grupo diverso de platelmintos marinos bentónicos ampliamente distribuidos en ecosistemas tropicales. Estos organismos habitan principalmente en ambientes intermareales y submareales someros actuando como depredadores de pequeños invertebrados y formando parte de la dinámica trófica. El estudio de policládidos ha sido históricamente limitado por restricciones metodológicas, derivadas de su alta fragilidad y tendencia a la autólisis, lo que dificulta su adecuada preservación e identificación (Newman & Cannon, 2003). Sumado, su determinación taxonómica depende críticamente del análisis histológico de estructuras reproductivas, restringiendo su inclusión en inventarios de biodiversidad. En el Caribe colombiano, el conocimiento de este grupo presenta un marcado sesgo geográfico centrándose hacia la región norte de Colombia (Santa Marta), mientras que otras áreas, como el litoral del departamento de Córdoba, carecen de registros formales. En este contexto, el objetivo de este estudio es documentar el primer registro del género *Phaenocelis* Stummer-Traunfels, 1933, en la región centro-sur del Caribe colombiano. Se recolectaron manualmente siete ejemplares en la localidad de Punta Bello (9°25'11.6"N 75°44'23.0"W), durante marea baja en sustratos rocosos. Los especímenes fueron narcotizados, fijados y preservados en etanol al 70% y procesados mediante técnicas histológicas estándar, incluyendo inclusión en parafina, cortes seriados y tinción con hematoxilina-eosina, lo que permitió la observación detallada de la organización del sistema reproductor. La identificación taxonómica se realizó mediante integración de caracteres morfológicos externos y estructuras internas diagnósticas, para ello se utilizaron las claves de Faubel (1983, 1984); Newman & Cannon (2000); Quiroga et al. (2004), entre otros. Como resultado, se identificaron dos especies del género Phaenocelis: cuatro ejemplares correspondieron a P. medvedica y tres de P. cf. Purpurea. La primera se caracteriza por su coloración rosada, ocelos bien desarrollados y una morfología interna concordante con descripciones previas, particularmente en la organización del sistema reproductor; mientras que P. cf. purpurea presentó una coloración más oscura, menor conspicuidad de los ocelos cerebrales, faringe relativamente más pequeña y diferencias en la estructura del sistema reproductor, incluyendo un ducto eyaculador corto y un atrio masculino alargado. Estos resultados amplían la distribución conocida del género hacia el departamento de Córdoba y refuerzan la evidencia de vacíos de muestreo en el sector centro-sur del Caribe colombiano.

Palabras clave: Distribución, Litoral Rocoso, Morfología, Histología, Cryptocelidae
Keywords: Distribution, Rocky Shore, Morphology, Histology, Cryptocelidae

Referencias:

Newman, L. J., & Cannon, L. R. G. (2003). Marine flatworms: The world of polyclads. CSIRO Publishing. Faubel, A. (1983). The Polycladida, Turbellaria: proposal and establishment of a new system. Part I. The Acotylea. Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut, 80, 17–121. Faubel, A. (1984). The Polycladida, Turbellaria: proposal and establishment of a new system. Part II. The Cotylea. Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut, 81, 189–259. Newman, L. J., & Cannon, L. R. G. (2000). A new genus of euryleptid flatworm (Platyhelminthes, Polycladida, Eurylepti dae) from the Indo-Pacific. Journal of Natural History, 34, 191–205. Quiroga, S. Y., Bolaños, D. M., & Litvaitis, M. K. (2004). A checklist of polyclad flatworms (Platyhelminthes: Polycladida) from the Caribbean coast of Colombia, South America. Zootaxa, 633(1), 1–12.

Procesos ex situ de fecundación, desarrollo larval y sobrevivencia post-asentamiento en corales del Caribe Colombiano / Fertilization processes, larval development and post-settlement survival ex situ in corals of the Colombian Caribbean.

Autores: Dayana Rada-Osorio*, Kathleyn Valiente y Rocío García-Urueña

Grupo de investigación Ecología y diversidad de algas marinas y arrecifes coralinos, Universidad del Magdalena. (*Dayana Rada-Osorio hará la presentación oral)

Resumen:

El cultivo ex situ de corales mediante reproducción sexual se ha consolidado como una herramienta clave en los programas de restauración de arrecifes, al permitir la producción de reclutas con alta variabilidad genética y su manejo bajo condiciones controladas. Sin embargo, la alta mortalidad posterior al asentamiento asociadas a condiciones de cultivo subóptimas y a la sensibilidad fisiológica propia de la etapa representa una limitante crítica para la producción masiva de reclutas destinados a programas de restauración y experimentación. En este contexto, debido a la disminución significativa en cobertura coralina, se resalta la importancia de mejorar estrategias que aumenten la producción masiva de corales. El presente estudio evaluó en tres especies constructoras de arrecife del Caribe colombiano el efecto de diferentes condiciones de cultivo sobre la sobrevivencia post-asentamiento bajo condiciones controladas de laboratorio y en sistemas de tanques externos. Inicialmente se recolectaron paquetes gametos en el Parque Nacional Natural Tayrona en los eventos reproductivos de septiembre y octubre para la especie *Colpophyllia natans*, en mayo para *Diploria labyrinthiformis*, y en octubre para *Pseudodiploria strigosa.* En laboratorio se realizó la fertilización asistida y se documentó el desarrollo embrionario y larval. Posteriormente, se realizó el asentamiento de las larvas en sustratos previamente acondicionados con algas coralinas costrosas para inducir su asentamiento. Finalmente, la sobrevivencia post-asentamiento fue estimado mediante el conteo de pólipos en dos fases: laboratorio (octubre, noviembre y diciembre) y tanques externos (enero, febrero y marzo). Como resultado *D. labyrinthiformis* presentó el mayor número de larvas asentadas (21172), seguido *C. natans* (5398 en septiembre y 932 en octubre) y *P. strigosa* (226). Partiendo de los datos de asentamiento, en diciembre se observó la mayor mortalidad en laboratorio con una sobrevivencia que osciló entre 0.4 y 27.8 % para las tres especies. Sin embargo, cuando los sustratos fueron transferidos a tanques externos se redujo la mortalidad mantenido porcentajes entre el 60 y 100 % en marzo. Por lo anterior, el aumento de la sobrevivencia se puede atribuir al mejoramiento de las condiciones en el sistema ex situ, como, por ejemplo, el uso de un acuario más grande, la disposición de luz natural y la circulación del agua, que son factores que ayudan mejorar la adquisición de zooxantelas y el crecimiento de ACC. Con esto se evidenció la importancia de optimizar las condiciones ex situ para aumentar las probabilidades de sobrevivencia de los pólipos primarios antes de retornarlos al arrecife.

Palabras clave: desarrollo temprano, sustratos de asentamiento, reclutamiento coralino, algas coralinas costrosas
Keywords: early development, seeding units, coral recruitment, crustose coralline algae

Rehabilitación del Caño Las Playitas (vía parque Isla de Salamanca): efectos en sistema hídrico y manglar / Rehabilitation of Caño Las Playitas (vía parque isla de salamanca): effects on the hydrological system and mangroves

Autores: Dariela Ivonne Acosta-Zambrano[1], Liliana María Piedra-Castro[2] & Hernando Sánchez-Moreno[3], Luis Alejandro Sandoval[4]\

1 Escuela de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Estatal a Distancia. Barranquilla, Colombia. ing.dariela.acosta@gmail.com

2 Universidad Nacional. Costa Rica. Laboratorio de Recursos Naturales y Vida Silvestre, Escuela de Ciencias Biológicas. San José, Costa Rica. lilliana.piedra.castro@una.ac.cr

3 Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Simón Bolívar. Barranquilla, Colombia. hernando.sanchez@unisimon.edu.co

4 Departamento de Ecología y Territorio, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. sandoval.la@javeriana.edu.co \ Hará la presentación del poster.

Resumen:

El Vía Parque Isla de Salamanca (VIPIS), área protegida del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia ubicada en el complejo lagunar Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), alberga bosques de manglar que han sido afectados por hipersalinización asociada al bloqueo por sedimentación de los caños conectores con el río Magdalena. En 2020 se ejecutó la rehabilitación hídrica del caño Las Playitas como medida de restauración en el marco del Plan de Compensación por Pérdida de Biodiversidad del proyecto vial Circunvalar de la Prosperidad, con participación de las comunidades locales. El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de dicha rehabilitación sobre variables fisicoquímicas del caño y la ciénaga y sobre atributos ecológicos del manglar. Entre 2020 y 2021 se realizaron muestreos in situ en siete estaciones (durante y después de la intervención, en épocas seca y lluviosa) midiendo pH, temperatura y salinidad en aguas superficiales; en el manglar aledaño se evaluó también la productividad en términos de producción de hojarasca y biomasa. Los resultados muestran una disminución significativa de la salinidad en el caño, la ciénaga y en el manglar, atribuible a la reactivación del flujo hídrico por la obra. No se detectaron cambios significativos en la productividad del manglar durante el periodo estudiado, probablemente influenciados por condiciones climáticas extremas, en particular el paso del huracán Iota durante la intervención. A nivel socioeconómico, la rehabilitación reactivó el transporte fluvial utilizado por la comunidad para actividades pesqueras. Los hallazgos indican la efectividad de la intervención para reducir la salinidad y sugieren que las respuestas estructurales y funcionales del manglar podrían manifestarse a

mediano o largo plazo. Los patrones observados en el caño Las Playitas pueden servir como modelo para otros proyectos de rehabilitación hídrica en los ecosistemas de manglar de la región y en otras partes con condiciones similares.

Palabras clave: rehabilitación hídrica, salinidad, manglar, restauración ecológica, participación comunitaria.
Keywords: hydrological rehabilitation, salinity, mangrove, ecological restoration, community participation.

Respuestas ontogénicas en *Encope michelini*: la temperatura limita el desarrollo temprano, pero no el larval / Divergent ontogenetic responses in *Encope michelini*: temperature limits early development but not larval survival.

Autores: Carlos Andrés Nisperuza-Pérez[1]\; *Carlos Andrés Cancino-Velasquez[1;]* \ Juan Yepes Escobar1;Jorge Armando Osorio Martínez[2];

1 Facultad de Ciencias Básicas, Grupo de Investigación en Biotecnología (GRUBIODEQ), Universidad de Córdoba, Montería, Colombia.

2 Facultad de Ingenierías, Grupo de Investigación en Procesos y Agroindustria de Vegetales (GIPAVE), Universidad de Córdoba, Montería, Colombia. (\ *Carlos Andrés Nisperuza Pérez hará la presentación Oral)*

Resumen:

La temperatura es uno de los principales moduladores fisiológicos en los organismos ectotermos y constituye un factor crítico para la reproducción y el desarrollo de los equinoideos. Aunque los equinoideos regulares son modelos consolidados en bioensayos sobre estrés térmico y cambios ambientales, la tolerancia térmica de los equinoideos irregulares es poco conocida, particularmente en ecosistemas tropicales donde se experimentan y prevén mayores olas de calentamiento oceánico. Esta limitante obstaculiza predecir la resiliencia de sus poblaciones y las consecuencias para la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas. Este estudio analizó, bajo condiciones controladas de laboratorio, el efecto del incremento de la temperatura del agua sobre los procesos de fertilización, embriogénesis, morfología, supervivencia larval temprana y la progresión del desarrollo de Encope michelini. Se recolectaron 15 adultos de E. michelini en La Ahumadera mediante buceo libre. El desove se indujo con KCl y los gametos se expusieron a tres tratamientos térmicos (27, 29 y 31 °C), cada uno por triplicado. En estos se analizaron los parámetros de fertilización, embriogénesis, sobrevivencia, anomalías y tiempo de desarrollo.La fertilización mostró una alta sensibilidad térmica, con un éxito del 100.0 ± 0.0% a 27 °C que disminuyó progresivamente a 48.3 ± 2.58% y 41.7 ± 27.0% al aumentar la temperatura a 29 °C y 31 °C, respectivamente. La embriogénesis también presentó una respuesta negativa al incremento térmico, reflejada en una reducción de la escisión embrionaria y en alteraciones de la sincronía y progresión del desarrollo en los estadios analizados. En contraste, las larvas tempranas mantuvieron una supervivencia superior al 70% en todos los tratamientos, sin evidenciar malformaciones ni cambios significativos en su tamaño.El aumento de la temperatura afectó principalmente la fertilización y el desarrollo embrionario temprano en E. michelini*, reduciendo su éxito y alterando los tiempos y la progresión del desarrollo embrionario. En contraste, las larvas tempranas exhibieron mayor tolerancia térmica dentro del rango

evaluado, lo que indica una respuesta térmica dependiente de la etapa y sugiere posibles implicaciones para el reclutamiento poblacional bajo escenarios de calentamiento oceánico.

Palabras clave: Calentamiento oceánico, Caribe colombiano, embriones, fertilización, límites térmicos
Keywords: Colombian Caribbean, Embryos, fertilization, ocean warming, sea urchins, thermal limits.

Referencias:

Eckert, G. L. (1995). A novel larval feeding strategy of the tropical sand dollar, *Encope michelini*: Adaptation to food limitation and an evolutionary link between planktotrophy and lecithotrophy. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 187*(1), 103–128. [https://doi.org/10.1016/0022-0981(94)00174-C](https://doi.org/10.1016/0022-0981%2894%2900174-C) Galindo-Anaya, A., Nisperuza-Pérez, C. A., & Quirós-Rodríguez, J. A. (2020). Population aspects of *Encope michelini* and association with the pea crab *Dissodactylus crinitichelis* in Cispata Bay. *Revista Mexicana de Biodiversidad, 91*, e913456. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.3456> Hilber, S. E., & Lawrence, J. M. (2009). Analysis of sediment and gut contents of *Mellita tenuis*, *Encope michelini*, and *Encope aberrans* off the Florida Gulf Coast. *Gulf of Mexico Science, 27*(1), 8. <https://doi.org/10.18785/goms.2701.08> Yu, J., Wang, G., Zhang, L., & Huang, S. (2024). Effects of temperature on fertilization, growth and metamorphosis of *Heliocidaris crassispina*. *Aquaculture International, 32*(4), 4597–4617. <https://doi.org/10.1007/s10499-024-01392-9>

Comunidades coralinas en Barú: Aproximación al análisis de estabilidad ambiental desde condiciones oceanográficas y geomorfológicas. / Coral communities in Barú: An approach to environmental stability analysis based on oceanographic and geomorphological conditions.

Autores: Manuela Arenas Ocampo[1*], Yuley Cardona Orozco[2]

1 Estudiante de Ingeniería Biológica, Facultad de Ciencias.

2 Profesora asociada Departamento de Geociencias y Medio Ambiente, Facultad de Minas, Grupo de investigación OCEÁNICOS. 1,2Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Colombia.

Resumen:

Los arrecifes coralinos del Caribe colombiano han experimentado cambios en su estructura bentónica, caracterizados por la disminución de comunidades coralinas como Acropora spp., y el aumento de comunidades más tolerantes al estrés ambiental, como Porites spp. y Agaricia spp., tal como ha sido documentado por CEMarin (2025). A su vez, las condiciones ambientales del hábitat han cambiado debido a las modificaciones en la dinámica sedimentaria de la región, el aumento de eventos extremos de temperatura y otros factores asociados a la variabilidad ambiental. En este contexto el objetivo de esta investigación, fue analizar la relación entre las condiciones oceanográficas y la estructura actual de las comunidades coralinas en la zona de estudio de Barú. Como metodología, se utilizaron datos oceanográficos recolectados en la región como mediciones CTD georreferenciados, información satelital y observaciones ecológicas, incluyendo modelación numérica con el fin de caracterizar las condiciones físicas de la columna de agua que potencialmente influyen en la estructura coralina actual, y complementándolo con la reconstrucción de las condiciones ambientales a través de datos biogeoquímicos como indicadores de estrés térmico y disponibilidad de nutrientes. Los resultados muestran una tendencia creciente en la temperatura, con valores que oscilan entre 28,5°C y 30,5°C, así como salinidades dentro de los rangos típicos de las masas de agua presentes en la zona (34-36 g/kg). Adicionalmente, se registraron concentraciones elevadas de material suspendido en la columna de agua, con valores máximos no anómalos de 5 FTU, asociadas a patrones de circulación que favorecen la retención de masas de agua en la región marino-costera. Estas condiciones ambientales, coinciden con escenarios donde Porites spp. y Agaricia spp., presentan ventajas fisiológicas y ecológicas frente a Acropora spp., particularmente por su mayor tolerancia al estrés térmico, a la turbidez y a la competencia con macroalgas. En conjunto, los resultados sugieren que los factores oceanográficos locales influyen sobre la estructura de las comunidades coralinas actuales en la zona; sin embargo, para comprender de manera integral los mecanismos que regulan la estructura actual de las comunidades coralinas, se

requieren estudios adicionales que integren análisis biogeoquímicos detallados y aproximaciones moleculares.

Palabras clave: Acropora spp., Porites spp., Agaricia spp., oceanografía, estrés ambiental. **Keywords:** Acropora spp., Porites spp., Agaricia spp., oceanography, environmental stress. Contacto: Manuela Arenas Ocampo, maarenaso@unal.edu.co

Referencias:

1. CEMARIN. (2025). Informe de componente marino. Levantamiento de la línea base de biodiversidad.

2. CEMARIN. (2025). Informe de salida de campo. Levantamiento de la línea base de biodiversidad.

Abundancia de diadema *antillarum* en la Reserva de Biosfera Seaflower: implicaciones para la estructura bentónica/ Abundance of diadema *antillarum* in the Seaflower Biosphere Reserve: implications for the benthic structure.

Autores: Farid Sánchez[1*], Valentina Rojas[1], Sofia Rodríguez[1], Laura Martínez[1], Jair Cardona[2], Luisa F. Dueñas[1], Brigitte Gavio[1]

1 Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Bogotá D.C., Colombia

2 Universidad Nacional de Colombia, sede Caribe, San Luis Free Town, San Andrès isla, Colombia

(*Farid Sánchez hará la presentación del póster)

Resumen:

Los arrecifes de coral son cruciales para la biodiversidad marina y el bienestar humano, pero su degradación global resalta la importancia de herbívoros clave como el erizo negro Diadema antillarum, el cual es fundamental por generar un bucle de retroalimentación positiva vital para la persistencia de los corales en el Caribe. No obstante, sus poblaciones han sufrido eventos de mortandad masiva en 1983-1984 y 2022, lo que ha impactado su capacidad de moldear la estructura bentónica. Con el objetivo de determinar la relación entre la densidad de D. antillarum y las variables bentónicas en la isla de San Andrés, se realizó buceo SCUBA en 11 sitios, estableciendo en cada uno cinco transectos radiales de 2 x 15 m para el conteo de individuos. Adicionalmente, para estimar el porcentaje de cobertura bentónica se empleó un cuadrante de 50 x 50 cm para realizar 10 estimaciones en cada transecto, respaldado por registro fotográfico. El análisis mediante correlación de Spearman reveló una correlación positiva estadísticamente significativa entre la densidad del erizo y cinco variables: coral duro vivo, coral duro muerto, índice de rugosidad, algas calcáreas erectas y esponjas, mientras que el modelo de valla (hurdle model) identificó al coral duro vivo como el principal predictor de la ocupación y abundancia del erizo. Por otro lado, la correlación con macroalgas carnosas fue positiva y no significativa, y la asociación con sustratos inestables (arena y pastos) fue negativa y no significativa; aunque las algas calcáreas erectas sí presentaron una correlación negativa significativa frente a los sustratos inestables (arena y pastos). Estos resultados sugieren que la distribución de D. antillarum está determinada por la complejidad estructural y el refugio que proveen los corales y la rugosidad, y no por el alimento. La falta de correlación con macroalgas se explica porque la densidad máxima observada (1.53 ind/m2) está por debajo del valor reportado (5-10 ind/m2) para que haya un control top-down significativo. La asociación con esponjas se puede deber a que aumentan la complejidad estructural betónica, y además se asocian con macroalgas carnosas debido a su

capacidad de asimilar el carbono orgánico disuelto que producen, asegurando refugio y alimento para los erizos. Finalmente, la correlación con algas calcáreas erectas indica la preferencia por un sustrato consolidado que facilite el tránsito entre estos recursos, evitando zonas inestables como arenales y pastos. En conclusión, la restauración del erizo negro en San Andrés debe priorizar la recuperación de la arquitectura física, pues la falta de complejidad limita al erizo más que la disponibilidad de recursos. Se debe tener en cuenta que la falta de recuperación de esta especie puede facilitar la transición de arrecifes dominados por coral a arrecifes dominados por macroalgas carnosas.

Palabras clave: macroalgas, herbívoros, complejidad estructural, coral, refugios
Keywords: macroalgae, herbivores, structural complexity, coral, refuge

Exposición al oleaje y arquitectura radicular modulan la protección costera en Rhizophora Mangle / Wave exposure and root architecture modulate coastal protection in Rhizophora mangle

Autores: Lina Caamaño-Ochoa[a]*, Cesar Padilla-Mendoza[b], David Alejandro Sánchez-Núñez

[a] Dirección Académica, Universidad Nacional de Colombia-Sede de La Paz, La Paz, Cesar, Colombia; ORCID 0009-0006-6971-787X.

[b] Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín - Facultad de Minas - Departamento de Geociencias y Medio Ambiente - Grupo de investigación OCEANICOS, Cra. 80 No. 65–223 Bloque M2, Medellín, 050041, Colombia; cpadillam@unal.edu.co, ORCID 0000-0002-1777-9730.

[c] Dirección Académica, Universidad Nacional de Colombia-Sede de La Paz, La Paz, Cesar, Colombia; dasanchezn@unal.edu.co, ORCID 0000-0002-9071-2962
* Lina Caamaño-Ochoa realizará la presentación oral.

Resumen:

Rhizophora mangle se adapta a ambientes costeros dinámicos mediante un sistema de raíces aéreas que proporciona estabilidad y regula su interacción con el flujo de agua. Sin embargo, aún no está claro cómo el desarrollo del árbol y la exposición al oleaje influyen conjuntamente en la geometría de las raíces. Este estudio caracterizó la distribución espacial de las raíces de *R. mangle* en relación con el desarrollo del árbol y la exposición al oleaje en la isla caribeña de San Andrés. También comparamos coeficientes de atenuación del oleaje (área proyectada y fuerza de arrastre) y relaciones de regresión simple entre variables geométricas (densidad y curvatura de las raíces) y variables estructurales (*DAP*) entre manglares de franja expuestos y protegidos del oleaje. Se observó un patrón de plasticidad fenotípica radicular en los árboles expuestos: estos individuos desarrollan raíces primarias más altas, que implican un mayor costo de biomasa, y compensan produciendo menos raíces primarias y secundarias. En contraste, las raíces de tercer orden, más pequeñas y con menor demanda de biomasa, aumentan progresivamente con el desarrollo del árbol. Además, los árboles expuestos presentan una mayor densidad de raíces a lo largo del eje frontal orientado hacia las corrientes de oleaje, donde los valores máximos alcanzan 22 raíces/m². En los árboles expuestos, las raíces terciarias contribuyeron con 62.6% del área proyectada total, mientras que en los árboles protegidos aportaron 42.9%. Nuestros resultados sugieren que los árboles expuestos a olas relativamente pequeñas proporcionan una mejor protección costera que los árboles no expuestos. Por lo tanto, las estrategias de conservación y restauración de manglares deben priorizar la protección de

bosques de borde ubicados en zonas con exposición al oleaje, así como mantener la arquitectura radicular natural; incluyendo la diversidad de órdenes de raíces y su orientación respecto al flujo, ya que estos atributos estructurales maximizan la disipación de energía del oleaje.

Palabras clave: raíces aéreas, geometría radicular, exposición hidrodinámica, protección costera, *Rhizophora mangle*.
Keywords: *aerial roots, root geometry, hydrodynamic exposure, coastal protection,* Rhizophora mangle*.

Señales de recuperación en megafauna marina: 16 años de monitoreo revelan tendencias positivas en el Santuario de Malpelo (Pacífico Oriental Tropical).

Autores: Sandra Bessudo Lion[1,2], Felipe Ladino Archila[1*].

1 Fundación Malpelo y Otros Ecosistema Marinos, Bogotá, Colombia.

2 Migramar

Resumen:

Las áreas marinas protegidas (AMP) cumplen una función esencial en la conservación de la megafauna marina; no obstante, su evaluación requiere series temporales robustas. El presente estudio analiza 16 años (2009–2025) de monitoreo de peces óseos y cartilaginosos considerados Valores Objeto de Conservación (VOC) en el Santuario de Fauna y Flora Malpelo (Colombia), re*conocido como una de las* pri*ncipales AMP d*el Pacífico Oriental Tropical. La información utilizada proviene de censos visuales submarinos estandarizados en dos sitios estratégicos en torno a la isla, estimando la abundancia relativa (individuos/hora de buce*o) para 13 especie*s prioritarias. Se examinaron tendencias temporales, variaciones asociadas a épocas oceanográficas (fría y *cálida) y cambios en las* ca*tegorías de integr*id*ad ecológica. Los result*ados muestran una recuperación generalizada en 2025, con incrementos en la abundancia relativa en la mayoría de las especies evaluadas. Especies de alto valor ecológico, como Carcharhinus galapagensis y Sphyrna lewini, presentaron aumentos significativos, especialmente durante la época fría, lo cual sugiere una utilización estacional del área vinculada a condiciones oceanográficas favorables. Asimismo, especies residentes como Triaenodon obesus mantuvieron patrones de abundancia estables, mientras que peces óseos de importancia ecológica y pesquera (Dermatolepis dermatolepis, Mycteroperca olfax y Lutjanus argentiventris) evidenciaron tendencias de recuperación o estabilización. A nivel de integridad ecológica, varias especies mejoraron de categoría, pasando de estados “malos” a “regulares” o “buenos”, si bien aún persisten condiciones subóptimas en parte del ensamblaje. Las diferencias entre épocas climáticas confirman la marcada influencia de la variabilidad oceanográfica en la dinámica poblacional. En conjunto, los datos sustentan una mejora en la condición ecológica del santuario y respaldan la efectividad de la gestión del área protegida. Este estudio refuerza el papel del Santuario de Fauna y Flora Malpelo como refugio para la biodiversidad marina y sitio clave para la conservación regional de especies altamente móviles.

Palabras clave: Áreas marinas protegidas; megafauna marina; tiburones; monitoreo a largo plazo; abundancia relativa; Pacífico Oriental Tropical; Malpelo; integridad ecológica; variabilidad oceanográfica.

Sobreexplotación pesquera en el Golfo de Salamanca: evidencias desde capturas, esfuerzo y estructura de tallas / Overfishing in the Gulf of Salamanca: evidence from catches, effort and size structure

Autores: Juan José Cárdenas-Carreño[1*],José Alfonso Villacob[2], Juan Carlos Narváez Barandica[3].

1-3 Grupo de investigación en Evolución, Sistemática y Ecología Molecular, Universidad del Magdalena

2 Director en la maestría en Ecología y Biodiversidad, Universidad del Magdalena (*Juan José Cárdenas-Carreño hará la presentación oral/póster).

Resumen:

La actividad pesquera en el Golfo de Salamanca constituye uno de los sistemas socioeconómicos más importantes del departamento del Magdalena. En esta zona costera, comprendida entre Tasajera y Don Jaca, participan cerca de 2000 pescadores, con una concentración aproximada de 1200 en los principales sitios de desembarco: Ciénaga y Pueblo Viejo. Esta pesquería artesanal se desarrolla en aguas someras (≤20 m) mediante artes como redes de enmalle (trasmallo), palangres, líneas de mano y changas camaroneras, siendo una fuente directa de sustento para las comunidades locales.

El estudio se basó en el análisis de información de monitoreo pesquero recolectada entre 2011 y 2019, complementada con datos oficiales del SEPEC-AUNAP y se evaluaron variables clave como captura desembarcada, esfuerzo de pesca, captura por unidad de esfuerzo (CPUE) y tallas de captura. Adicionalmente, se realizaron comparaciones históricas de CPUE incorporando datos de los periodos 1993–1998, 2008–2010 y 2011–2019, lo que permitió identificar tendencias de largo plazo. Los sitios monitoreados incluyeron Bello Horizonte, Aeropuerto, Don Jaca, Las Playitas, Costa Verde, Ciénaga y Pueblo Viejo; sin embargo, los análisis de tendencia se enfocaron principalmente en Ciénaga y Pueblo Viejo por su continuidad en los registros. Los resultados muestran que las capturas totales describen una alta variabilidad interanual, sin una tendencia sostenida de crecimiento. En contraste, el esfuerzo de pesca presenta una tendencia creciente, reflejada en el aumento del número de faenas mensuales, especialmente en artes como redes de enmalle, palangres y changas, situación que genera un desacople entre producción y esfuerzo, evidenciado en la disminución de la CPUE, indicador que refleja una menor eficiencia pesquera y una posible reducción en la abundancia del recurso. Las tendencias de CPUE muestran reducciones más evidentes en redes de enmalle (trasmallo), particularmente en los sitios de Ciénaga y Pueblo Viejo, donde se concentra la mayor presión pesquera. Esto implica que los pescadores deben invertir mayor esfuerzo para obtener menores capturas. En términos de composición, las capturas están dominadas por especies como el coroncoro (Micropogonias furnieri), la picúa (Sphyraena guachancho), el chivo mozo (Selene proops) y el jurel (Caranx hippos), mientras que especies de alto valor

comercial como los pargos (Lutjanus spp.) y el sable (Trichiurus lepturus) muestran disminuciones. Este cambio refleja una reestructuración del sistema hacia especies de menor nivel trófico. Un impacto significativo está asociado a la pesca de arrastre artesanal de camarón (changas), la relación entre captura objetivo (CO) y fauna acompañante (FA) es altamente desfavorable, por cada kilogramo de camarón capturado se descartan entre 2.4 y 6.3 kg de fauna acompañante, este descarte incluye principalmente juveniles de especies comerciales. El análisis de tallas evidencia un impacto directo sobre las principales especies explotadas. De las nueve especies evaluadas, seis presentan tallas medias de captura por debajo de la talla media de madurez sexual, incluyendo el macabí (Elops smithi), pargo rayado (Lutjanus synagris), cojinoa (Caranx crysos), jurel (Caranx hippos), coroncoro (Micropogonias furnieri) y carite pintado (Scomberomorus brasiliensis), lo que indica que los individuos son capturados antes de reproducirse, comprometiendo la sostenibilidad del recurso.

Palabras clave: Pesca artesanal, Golfo de Salamanca, captura por unidad de esfuerzo (CPUE), especies explotadas, sostenibilidad del recurso
Keywords: Artisanal fishing, Gulf of Salamanca, catch per unit effort (CPUE), exploited species, resource sustainability.

Efecto de la herbivoría de peces y erizos y sus posibles implicaciones en la recuperación de arrecifes coralinos

Autores: Johana Giraldo-Cortes[1*],Fernando A. Zapata2.

1 Departamento de Biología, Universidad del Valle, Apartado Aéreo 25360, Cali, Colombia; johana.giraldo@correounivalle.edu.co.

2 Departamento de Biología, Universidad del Valle, Apartado Aéreo 25360, Cali, Colombia; fernando.zapata@correounivalle.edu.co (*Johana Giraldo-Cortes hará la presentación oral).

Resumen:

En el Pacífico colombiano, las mareas bajas extremas constituyen uno de los factores abióticos que, cuando ocurren de forma repetida y prolongada, pueden ocasionar alta mortalidad de corales debido a la exposición subaérea de aquellos ubicados en la planicie arrecifal. Este fenómeno causa una pérdida de cobertura coralina y un aumento de la dominancia de algas bentónicas. Dado que los peces y erizos herbívoros desempeñan un papel clave al limitar la supervivencia y el crecimiento de estas algas, este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto diferencial y conjunto de ambos grupos de herbívoros sobre la recuperación post-perturbación del arrecife de La Azufrada (Isla Gorgona). Para ello, se llevó a cabo un experimento de exclusión de herbívoros durante ocho meses en la planicie arrecifal, utilizando cinco tratamientos (control abierto, control de jaula, exclusión de peces, exclusión de erizos y exclusión de peces + erizos), cada uno con cuatro réplicas. La cobertura de algas filamentosas se cuantificó a partir de imágenes submarinas a lo largo del tiempo en cada tratamiento y se analizó mediante un modelo lineal mixto para evaluar diferencias entre tratamientos. Los resultados mostraron una disminución sostenida de la cobertura algal en los tratamientos con acceso a herbívoros, siendo más marcada en el tratamiento donde se permitió la herbivoría de peces y se excluyeron los erizos. En contraste, la exclusión de peces se asoció con una menor reducción de estas algas, lo que evidencia que, aunque ambos grupos contribuyen a su control, los peces herbívoros desempeñan un papel predominante en la remoción de algas filamentosas. En conjunto, estos resultados indican que la pérdida simultánea de peces y erizos puede alterar significativamente la dinámica bentónica, afectando los procesos de recuperación del arrecife. En este contexto, la herbivoría constituye un mecanismo clave de resiliencia, con un papel predominante de los peces en las etapas tempranas tras perturbaciones.

Palabras clave: Algas filamentosas, erizos marinos, herbivoría, peces herbívoros, recuperación arrecifal.
Keywords: Filamentous algae, sea urchins, herbivory, herbivorous fishes, reef recovery.

Una revisión de *coscinodiscus ehrenberg.* (*bacillariophyta*) en el Pacífico Colombiano / A review of *coscinodiscus ehrenberg. (bacillariophyta)* in Cololombian Pacific

Autores: Humberto Quintana Manotas[1]*, Christian Bermúdez-Rivas[2], José Antolín Aké-Castillo[3].

1. Dirección General Marítima, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe, Sección de Protección del Medio Marino.

2. Dirección General Marítima, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico, Sección de Protección del Medio Marino.

3. Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana.

(* Humberto Quintana Manotas hará la presentación oral/póster

Resumen:

El género *Coscinodiscus Ehr. (Bacillariophyta)* está conformado por diatomeas planctónicas céntricas de gran tamaño y relevancia ecológica en ecosistemas marinos tropicales, debido a su frecuencias y abundancias en ambientes costeros y estuarinos. El Pacífico colombiano, es un hotspot de biodiversidad marina; sin embargo, son escasos los estudios que hacen revisión sobre la taxonomía y el estado de conocimiento sobre diferentes grupos, incluyendo las diatomeas del género Coscinodiscus. Dado lo anterior se planteó como objetivo determinar la composición específica del género Coscinodiscus del Pacífico colombiano. Para ello se realizó una revisión bibliográfica teniendo en cuenta literatura artículos científicos, libros, capítulo de libros y trabajos de grados de distintos niveles académicos. Esta revisión fue complementada con la revisión de muestras de distintos cruceros científicos bajo el marco de la expedición ERFEN durante los años 2019, 2020, 2022 y 2023. Resultados. A lo largo de las investigaciones del Pacífico colombiano se han registrado un total de 15 especies de Coscinodiscus, distribuidas exclusivamente en estaciones costeras de Chocó, Valle del Cauca y Nariño. Entre ellas las especies más frecuentes fueron C. centralis, C. granii y C. marginatus. No obstante, varias especies presentan desafíos taxonómicos: algunas identificaciones corresponden a hábitats dulceacuícolas y son registrados en ambientes marinos; muchas carecen de esquemas morfológicos detallados y vinculación a colecciones de referencia, lo que genera sobre estimación de la riqueza. Conclusión: Este estudio amplía el conocimiento de la diversidad diatomológica en el Pacífico colombiano, pero resalta la necesidad de revisiones taxonómicas integradas (microscopía electrónica, cultivo y biología molecular) y bases de datos referenciales para resolver ambigüedades. Estos hallazgos apoyan estrategias de monitoreo marino en regiones tropicales.

Palabras clave: /
Keywords: Fitoplancton, diatomea, Taxonomía, biodiversidad / phytoplankton, Diatom, taxonomy, biodiversity.

Variación anual del arrastre de biomasa de sargassum y diversidad macroalgal asociada en San Andrés, Colombia

Autores: Yahelis Carla María Daza Arenas, Juan Andrés Palacios Rocha, Nelsith Fornaris, Brigitte Gavio

Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Bogotá D.C., Colombia.

Resumen:

Desde 2011, el Caribe ha experimentado arribazones masivos y recurrentes de Sargassum fluitans y Sargassum natans, asociados al fenómeno conocido como Great Atlantic Sargassum Belt, generando impactos ecológicos, sanitarios y socioeconómicos en zonas costeras. En islas oceánicas como San Andrés, núcleo de la Reserva de Biosfera Seaflower, estos eventos han motivado prácticas intensivas de remoción y enterramiento del material en playa, sin una caracterización detallada de su composición biológica. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la dinámica anual de la biomasa del wrack en Sound Bay (San Andrés, Caribe colombiano), así como determinar la diversidad de macroalgas asociadas a los arribazones y su potencial rol como vector de dispersión. Entre marzo de 2024 y marzo de 2025 se recolecto la biomasa depositada en la playa antes de su remoción. En laboratorio se separaron las categorías principales (morfotipos de Sargassum, pastos marinos, material vegetal terrestre, plásticos y otras algas), se cuantificó el peso fresco y se efectuó la identificación taxonómica de las macroalgas asociadas utilizando literatura especializada. La biomasa húmeda mostró una marcada variabilidad temporal, con pulsos máximos superiores a 20 kg/m² en eventos específicos del año, evidenciando un patrón de arrastre episódico más que continuo. La composición estuvo dominada por *Sargassum fluitans* y *Syringodium filiforme*, aunque se registraron cambios en la dominancia relativa, incluyendo un incremento sustancial de *Sargassum natans* VIII en marzo de 2025. Respecto a biodiversidad se identificaron 82 especies de macroalgas pertenecientes a Chlorophyta (42,6%), Heterokontophyta (39%) y Rhodophyta (18,2%), siendo el género *Dictyota* el más frecuente en más del 70% de las muestras. Además, se registró por primera vez para el Archipiélago la especie *Dictyurus occidentalis*, ampliando el inventario florístico regional. Los resultados demuestran que los arribazones no constituyen únicamente acumulaciones monoespecíficas de sargazo pelágico, sino agregados biodiversos que transportan una alta riqueza de macroalgas bentónicas, lo que sugiere su papel potencial como mecanismo de conectividad biogeográfica entre regiones del Caribe. En una isla oceánica este proceso podría facilitar tanto el enriquecimiento florístico como la introducción de especies no previamente registradas. En consecuencia, la remoción indiscriminada del wrack implica la eliminación sistemática de biodiversidad y subsidios ecológicos sin una evaluación integral de sus implicaciones. Se concluye que los arribazones de Sargassum

en Sound Bay funcionan como vectores de dispersión macroalgal y representan un componente ecológico complejo que debe ser incorporado en las estrategias de manejo costero y monitoreo ambiental en la Reserva de Biosfera Seaflower.

Palabras clave: Identificación taxonómica, algas marinas, Caribe Colombiano, tapices flotantes, arribazones.
Keywords: Taxonomic identification, marine algae, Colombian Caribbean, floating mats, strandings.

Referencias:

Chávez, V., Uribe-Martínez, A., Cuevas, E., Rodríguez-Martínez, R. E., van Tussenbroek, B. I., Francisco, V., & Leal-Bautista, R. (2020). Massive influx of pelagic Sargassum spp. on the coasts of the Mexican Caribbean 2014–2020: Challenges and opportunities. Water, 12(10), 2908. <https://doi.org/10.3390/w12102908> Gavio, B., Wynne, M. J., & Cetz-Navarro, N. (2010). New records of benthic marine algae from the Archipelago of San Andrés and Providencia, Western Caribbean, Colombia. Caribbean Journal of Science, 46(2–3), 298–307. Rodríguez-Martínez, R. E., van Tussenbroek, B. I., & Jordán-Dahlgren, E. (2019). Effects of massive Sargassum arrivals on nearshore water quality and benthic communities in the Mexican Caribbean. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 228, 106388. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106388> van Tussenbroek, B. I., Arana, H. A. H., Rodríguez-Martínez, R. E., Espinoza-Avalos, J., Canseco-Márquez, L. M., González-Godoy, C. E., & Collado-Vides, L. (2017). Severe impacts of brown tides caused by Sargassum spp. on near-shore Caribbean seagrass communities. Marine Pollution Bulletin, 122(1–2), 272–281. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.057> Wang, M., Hu, C., Barnes, B. B., Mitchum, G., Lapointe, B., & Montoya, J. P. (2019). The Great Atlantic Sargassum Belt. Science, 365(6448), 83–87. <https://doi.org/10.1126/science.aaw7912>

Variación diurna y estacional de la calcificación y el metabolismo de carbono en un banco de rodolitos / Diurnal and seasonal variation in calcification and carbon metabolism in a rhodolith bed

Autores: Natalia Rincón-Díaz[1], *Carlos E. Gómez[2], Valentina Piñeros-Pérez[1], Félix Alvarado-Jiménez[1], Rocío García-Urueña[1]*

[1] Grupo de Investigación en Ecología y Diversidad de Algas Marinas y Arrecifes Coralinos, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia,

[2] Laboratorio de Biología Molecular Marina (BIOMMAR), Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. (\Natalia Rincón-Díaz hará la presentación oral)

Resumen: Los bancos de rodolitos son hábitats bentónicos biogénicos clave en ecosistemas costeros tropicales, donde contribuyen significativamente a la producción primaria bentónica, la deposición de carbonato de calcio y el ciclo del carbono. Sin embargo, sus respuestas metabólicas frente a la variabilidad natural diurna y estacional aún son poco comprendidas, particularmente en regiones tropicales. En este estudio se evaluó la dinámica de la calcificación y del metabolismo del carbono en un banco de rodolitos ubicado en la bahía de Gairaca, Parque Nacional Natural Tayrona (Caribe colombiano). Para esto, se cuantificó la calcificación neta (Gnet), la productividad basada en carbono inorgánico disuelto (PDIC), el flujo neto de oxígeno (PDO) y la tasa de intercambio de CO_2 (PCO_2 rate) mediante incubaciones *in situ* mensuales realizadas durante diez meses (octubre de 2023–julio de 2024). El periodo de estudio abarcó condiciones de surgencia, no surgencia y transiciones estacionales pre- y post-surgencia. Todas las variables metabólicas mostraron marcados contrastes diurnos. Durante el día, las tasas promedio de Gnet, PDO, PDIC y PCO_2 rate fueron 1.20 ± 0.65 µmol $CaCO_3$ g^{-1} h^{-1}, 1.93 ± 1.15 µmol O_2 g^{-1} h^{-1}, 2.14 ± 1.56 µmol C g^{-1} h^{-1} y −0.05 ± 0.05 µmol CO_2 g^{-1} h^{-1}, respectivamente. En contraste, durante la noche la mayoría de las variables disminuyeron hacia valores cercanos a cero o negativos, mientras que la tasa de intercambio de CO_2 se volvió positiva (0.05 ± 0.03 µmol CO_2 g^{-1} h^{-1}), indicando liberación neta de CO_2 bajo condiciones de oscuridad. Los efectos estacionales fueron débiles y se observaron solo variaciones mensuales menores, lo que sugiere que los controladores ambientales de corto plazo tienen mayor influencia que el forzamiento climático estacional. Los análisis de correlación mostraron relaciones positivas entre calcificación y productividad basada en carbono, así como relaciones negativas con el intercambio de CO_2, evidenciando un fuerte acoplamiento entre los procesos metabólicos que favorecen la captación de CO_2 durante las horas de luz. Los modelos aditivos generalizados identificaron la irradiancia como el principal factor positivo que regula tanto la productividad como la calcificación, mientras que concentraciones elevadas de fosfato y amonio ejercieron efectos inhibitorios significativos. El balance metabólico integrado

a 24 horas indicó una contribución neta positiva del metabolismo de los rodolitos a la fijación de carbono y a la producción de carbonato de calcio bajo las condiciones ambientales actuales.

Palabras clave: rodolitos, metabolismo bentónico, calcificación, surgencia, sistema de carbonatos / **Keywords:** rhodoliths, benthic metabolism, calcification, upwelling, carbonate system

Variación espacio-temporal del ensamble de ofiuros en fondos blandos someros del Golfo de Morrosquillo, Colombia / Spatial-temporal variation of the bream assembly in shallow soft bottom bottoms of the Gulf of Morrosquillo, Colombia

Autores: Tania Jiménez Rivas[1], Jayfreth Sierra Gomez[1]; Carlos Nisperuza Pérez[1-2]; Jorge Quirós Rodríguez[1-2]

1 Grupo de Investigación GRUBIODEQ, Departamento de Biología y Química, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Córdoba, Colombia.

2 Grupo de Investigación Química de los Productos Naturales: PRONAT, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Córdoba, Colombia. (Tania Jiménez Rivas hará la presentación oral).

Resumen:

Los fondos blandos marinos son ecosistemas que abarcan una amplia extensión geográfica, notables por su inestabilidad, causada por las características del sustrato y la baja complejidad topográfica, enfrentan desafíos considerables derivados de actividades antrópicas y fenómenos naturales que interactúan sinérgicamente afectando la estructura y el funcionamiento del ecosistema y, por ende, a las comunidades biológicas que dependen de ellos (Báez-Polo, 2013; Gaona-Ruiz, 2019). Los ofiuroideos hacen parte de la fauna de los fondos blandos, desempeñan un papel crucial en la red alimentaria marina y su presencia y abundancia contribuyen a la estabilidad y funcionamiento de los ecosistemas bentónicos (Weinstein et al., 2020). Sin embargo, sus comunidades pueden verse influenciadas por cambios en las condiciones ambientales asociadas a distintas temporadas climáticas y características del sustrato (Ayram et al., 2020; da Silva et al., 2023). Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la variación espacial y temporal del ensamble de ofiuros en fondos someros del sur del golfo de Morrosquillo. Se realizaron muestreos en cuatro localidades de la bahía de Cispatá (La Ahumadera, Banco de Arena, Amaya y Punta Nisperal) durante cuatro periodos hidrológicos presentes en la zona geográfica. Los organismos se recolectaron mediante acorazonadores, separados por tamizado, narcotizados con cloruro de magnesio y fijados en alcohol al 70% para su posterior identificación según la metodología propuesta por (Alitto et al., 2018). Se recolectaron 253 individuos, agrupados en nueve especies y dos morfotipos, pertenecientes a seis géneros y dos familias. Amaya presentó la mayor abundancia (n=100), mientras que Punta Nisperal tuvo solo 6 individuos. La prueba de Kruskall-Wallis mostro diferencias estadísticamente significativas en la abundancia de ofiuroideos en escalas espaciales (P- Valor < 0,05). Hemipholis cordifera fue la especie con mayor distribución, presente en las cuatro localidades. Ophiophragmus luetkeni y Ophiophragmus sp. en La Ahumadera, mientras que Amphiodia pulchella y Microphiopholis atra en Banco de Arena. Además, Microphiopholis sp. fue la más abundante (n=88). La Ahumadera presento la mayor riqueza de especies

(S=9) y abundancia (n=80), Punta Nisperal, por otro lado, exhibe la menor riqueza (S=2) y abundancia (n=6), siendo la mayor y menor diversidad respectivamente. A nivel temporal, la abundancia de ofiuros fue homogénea en los cuatro periodos hidrológicos (P- Valor > 0,05). los resultados evidencian un gradiente de diversidad desde localidades más complejas y equilibradas (La Ahumadera) hacia sitios dominados por pocas especies (Punta Nisperal), reflejando la influencia directa del ambiente físico y las perturbaciones locales sobre la estructura de las comunidades bentónicas mientras que la estabilidad temporal indica tolerancia a cambios hidrológicos. Estos hallazgos son consistentes con estudios que destacan el papel de los equinodermos como indicadores sensibles de cambios ecológicos en hábitats costeros (Contreras-Rueda et al., 2023). Por lo anterior se puede concluir que para el golfo de Morrosquillo la diversidad de ofiuros está determinada por variación espacial, con comunidades resilientes temporalmente, aportando información relevante para la comprensión de la diversidad y distribución de los ofiuroideos en fondos blandos y proporcionando una base para futuras investigaciones ecológicas y taxonómicas en el país.

Palabras clave: Bentos, Fondos blandos, Golfo de Morrosquillo, Ofiuroideos
Keywords: Benthos, Soft bottoms, Gulf of Morrosquillo, Ophiuroidea. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS • Baéz-Polo, A. (2013). Manual de métodos de ecosistemas marinos y costeros con miras a establecer impactos ambientales. Convenio para establecer el fortalecimiento de los métodos de investigación marina para actividades costa afuera por parte del sector de hidrocarburos. Invemar-ANH, Santa Marta. • Gaona-Ruiz, M. (2019). Caracterización de los fondos blandos del Golfo Ártabro: biodiversidad y contaminación por basura marina. • Weinstein, R. B., et al. (2020). Evaluating the roles of predation and environmental factors on spatial variation in ophiuroid assemblages across the northeastern Pacific Ocean. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 530–531, 151468. • Ayram, C. A., Etter, A., Díaz-Timoté, J., Buriticá, S. R., Ramírez, W., Corzo, G. 2020. Spatiotemporal evaluation of the human footprint in Colombia: Four decades of anthropic impact in highly biodiverse ecosystems. Ecological Indicators. 117(2020): 106630. • da Silva, JF, Prata, J. y Christoffersen, ML (2023). Variaciones intraespecíficas en especies de Ophiuroidea (Echinodermata) del Atlántico Sudoccidental Tropical, Nordeste de Brasil. Diversidad de organismos y evolución , 1-26. • Alitto, R. A. S., Bueno, M. L., Guilherme, P. D. B., Di Domenico, M., Christensen, A. B., & Borges, M. (2018). Shallow-water brittle stars (Echinodermata: Ophiuroidea) from Araçá Bay (Southeastern Brazil), with spatial distribution considerations. Zootaxa, 4405(1), 1–66. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4405.1.1 • Contreras-Rueda YF, Gracia-Clajijo A, Romero-Paz JE. (2023). Contributions to the biodiversity of echinoderms (Echinodermata) in the Departamento of Atlantico, Caribbean Sea, Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales May 18. Doi: https://doi.org/10.18257/raccefyn.1740

Zonificación vertical y variación estacional de macroalgas asociadas a raíces de manglar en el Golfo de Morrosquillo, Sucre, Caribe Colombiano.

Autores: Yahelis Carla María Daza Arenas[1], Brigitte Gavio[1]

Contacto: ydazaa@unal.edu.co, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Bogotá, Colombia.

Resumen:

Las raíces aéreas de Rhizophora mangle generan microgradientes verticales de exposición aérea e inundación que pueden estructurar la distribución de macroalgas epífitas. En el Caribe colombiano, la organización vertical de estas comunidades ha sido escasamente documentada. Este estudio evaluó la zonificación vertical y la variación espacio-temporal de macroalgas asociadas a raíces de manglar en Isla Boquerón, Punta de Piedra (Coveñas) y Guacamayas. En cada localidad se seleccionaron cinco raíces y cada una fue dividida en segmentos consecutivos de 10 cm desde el corte proximal (0–10 cm y 10–20 cm; zona más expuesta a variaciones ambientales) hasta la punta distal (≥40 cm; zona con mayor tiempo de inmersión). Los segmentos intermedios correspondieron a 20–30 cm y 30–40 cm. Las colectas se realizaron en época seca (marzo) y lluviosa (septiembre–octubre). Se registraron 46 especies, de las cuales 40 fueron identificadas a nivel específico y seis a nivel de género. La comunidad estuvo dominada por Chlorophyta (43.5 %) y Rhodophyta (41.3 %), mientras que Cyanobacteriophyta (8.7 %) y Heterokontophyta (6.5 %) presentaron menor representación. La riqueza de especies mostró un patrón no uniforme a lo largo del gradiente vertical, con valores máximos en los segmentos intermedios (20–40 cm) y menores valores en los segmentos proximales (0–20 cm) y distales (≥40 cm). Los análisis multivariados evidenciaron diferencias significativas en la composición comunitaria entre segmentos, indicando una estructuración vertical no aleatoria. Los segmentos proximales estuvieron caracterizados por especies tolerantes a desecación y mayor variabilidad físico-química, mientras que los segmentos distales presentaron especies asociadas a condiciones más estables y mayor tiempo de inundación. Los segmentos intermedios concentraron la mayor riqueza y diversidad taxonómica, lo que sugiere un equilibrio entre estrés ambiental y estabilidad hídrica. Espacialmente, se observaron diferencias en la composición entre localidades, lo que evidencia influencia de condiciones ambientales locales. Temporalmente, aunque la riqueza total fue similar entre épocas climáticas, se registraron cambios en la identidad de especies y en la proporción relativa de grupos taxonómicos. Estos resultados demuestran que las raíces de manglar funcionan como microgradientes verticales de estrés ambiental, donde pequeñas variaciones en altura determinan cambios significativos en la estructura comunitaria. La zonificación observada resalta la importancia de considerar la heterogeneidad espacial en estudios de biodiversidad costera y sugiere el potencial de estas comunidades como indicadores ecológicos en ecosistemas tropicales.

Palabras clave: Diversidad, algas marinas, Caribe Colombiano, *Rhizophora mangle*, ecosistema. **Keywords:** Diversity; Marine algae; Colombian Caribbean; Red mangrove (*Rhizophora mangle*); Ecosystem.

Referencias:

Alongi, D. M. (2009). The energetics of mangrove forests. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4271-3> Chapman, V. J. (1970). Seaweeds and their uses (2nd ed.). Methuen. Littler, D. S., & Littler, M. M. (2000). Caribbean reef plants. Offshore Graphics. Lugo, A. E., & Snedaker, S. C. (1974). The ecology of mangroves. Annual Review of Ecology and Systematics, 5, 39–64. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.05.110174.000351> Taylor, W. R. (1960). Marine algae of the eastern tropical and subtropical coasts of the Americas. University of Michigan Press. Underwood, A. J. (1997). Experiments in ecology: Their logical design and interpretation using analysis of variance. Cambridge University Press. Valiela, I., Bowen, J. L., & York, J. K. (2001). Mangrove forests: One of the world's threatened major tropical environments. BioScience, 51(10), 807–815. [https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0807:MFOOTW]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568%282001%29051%5B0807%3AMFOOTW%5D2.0.CO;2)



Calidad Ambiental Marina y Costera

Antártica ¿un paraíso de plástico? microplásticos en krill (*Euphausia superba) / Antarctica, a plastic paradise? microplastics in krill (Euphausia superba)*

Autores: Alejandra Silva-Cardona[1], Paulo César Tigreros-Benavides[1], Andrés Franco-Herrera[1], Judith Andrea Álvarez-Cabrera[1]

1 Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Programa de Biología Marina. (* Alejandra Silva-Cardona hará la presentación oral)

Resumen:

La Antártica ha sido considerada como uno de los lugares más prístinos del planeta; sin embargo, en las últimas décadas se ha evidenciado la presencia de contaminantes antropogénicos como los microplásticos, los cuales han sido reportados en diferentes matrices ambientales e incluso en organismos marinos. *Euphausia superba*, como componente clave de la red trófica del océano Austral, desempeña un papel fundamental en la transferencia de energía hacia niveles superiores, por lo que la ingestión de estas partículas representa un potencial riesgo ecológico. El objetivo de este estudio fue evaluar la presencia y características de los microplásticos ingeridos por *E. superba* recolectados durante la X Expedición Antártica de Colombia en la Península Antártica Occidental. La recolección de los organismos se realizó mediante arrastres superficiales con red tipo manta de 250 µm de poro. En laboratorio se realizó la identificación mediante criterios morfológicos y para la búsqueda de microplásticos los organismos fueron sometidos a digestión química con hidróxido de potasio (KOH) al 10 %, seguida de filtración en filtros de celulosa y observación bajo estereomicroscopio; aquellas con tamaño suficiente fueron caracterizadas químicamente mediante espectroscopía FTIR-ATR. Estos procesos fueron acompañados de blancos que permitieron confirmar la no interferencia de material ajeno a las muestras. Se encontraron 23 individuos, en los que se contabilizaron 360 partículas, variando entre 5 y 50 por ejemplar. Las fibras fueron la morfología predominante (47.78 %; n = 172), seguidas por fragmentos (42.78 %; n = 154), mientras que películas, pélets y espumas se presentaron en menores proporciones. El 95.05 % presentó tamaños menores a 5 mm, predominando además los tonos transparentes y oscuros. La caracterización química evidenció la presencia confirmada de polietileno (n = 3), polipropileno (n = 2) y policloruro de vinilo (n = 1), a lo que se suman otros grupos funcionales de polímeros plásticos con diferente grado de envejecimiento. Estos resultados confirman que *E. superba* está expuesta a la ingestión de este contaminante en el ecosistema antártico, lo que resalta su importancia como posible vector de transferencia dentro de la red trófica del océano Austral y la necesidad de continuar evaluando sus implicaciones ecológicas.

Palabras clave: Microplásticos, Krill, Antártica, Océano Austral
Keywords: Microplastics, Krill, Antarctica, Southern Ocean

Aplicación espaciotemporal del índice de huella humana en la cuenca del Golfo de Morrosquillo, Colombia. / Spatiotemporal application of the human footprint index in el Golfo de Morrosquillo basin, Colombia.

Autores: Laura Gutiérrez Franco1*, July Andrea Suarez Gómez[2],

1 Estudiante de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Integrante del Semillero de Análisis Geoespacial y Medio ambiente- SAGEMA

2 Profesora. Universidad Nacional de Colombia- Sede Medellín- Facultad de Ciencias Agrarias- Departamento de Ciencias Forestales- Grupo de Teledetección y manejo forestal. Líder del Semillero SAGEMA.

Resumen:

Los manglares son ecosistemas complejos y vitales para las comunidades de las regiones tropicales y subtropicales, brindan gran cantidad de servicios ecosistémicos, entre los que se encuentra la protección costera, almacenamiento de carbono y conservación de la biodiversidad. Históricamente estos ecosistemas han convivido con cambios tanto a nivel ecológico como físico, debido a fluctuaciones ambientales naturales, pero también a actividades antrópicas que los afectan directamente, como el dragado, expansión de la frontera agrícola o su aprovechamiento directo. La afectación ha sido aún mayor en el Caribe colombiano, expuestos a actividades de turismo, comerciales, e industriales, y al crecimiento demográfico. Debido a lo anterior, se aplicó el Índice de Huella Humana elaborado por Etter et al., (2017), como un análisis cuantitativo para entender el grado de vulnerabilidad de estos ecosistemas, el cual, mediante el análisis de variables como tipo de cobertura, cercanía a vías, cercanía a centros poblados, densidad poblacional y fragmentación, permite analizar la degradación antrópica y su trayectoria en los parches de manglar de la cuenca hidrográfica del Golfo de Morrosquillo entre el 2015 y el 2025. Para el estudio se incluyó la clasificación de coberturas presentada por MapBiomas en su tercera colección y se analizaron imágenes Black Marble de la NASA calibradas mediante información del DANE para obtener la densidad poblacional. El índice asigna un peso equitativo a todas las variables y finalmente se divide en rangos que permiten identificar el nivel de impacto antrópico sobre los ecosistemas de la cuenca. El índice mide el nivel de afectación como un porcentaje y se divide en 5 categorías teniendo en cuenta los rangos preestablecidos para cada una de estas, siendo el 0 un ecosistema por completo natural y el 100% un ecosistema con un alto impacto antrópico. El análisis mostró que ningún parche de vegetación natural en la cuenca se encuentra en la categoría natural o de poco impacto, los ecosistemas presentes sufren de bajo, medio y alto impacto, con porcentajes de afectación que van desde el 30% al 100%. La vegetación de la cuenca mostró una mayor proporción en la categoría de impacto medio, seguida por las categorías

baja y alta. Durante el periodo de estudio, la categoría media disminuyó en un 4,76%, lo cual indica que la proporción de área en la categoría baja y alta aumentaron, en un 5,06% y un 23,2% respectivamente, mostrando así que, aunque la categoría alta es la que ocupa una menor proporción de la cuenca, presentó un mayor crecimiento entre el 2015 y 2025, indicando una mayor área afectada. Respecto a los parches de manglar, la Ciénaga La Caimanera mostró un aumento del área en las categorías de media y alta presión durante el periodo de estudio, especialmente focalizada en la zona costera, mientras que en Boca Guacamaya este aumento costero no fue significativo, pero pudo evidenciarse una mejora del manglar en sus zonas más internas. Los parches de manglar de la Reserva Sanguaré mostraron una disminución en su categoría previa, indicando una disminución en la presión antrópica sobre el manglar.

Palabras clave: Caribe colombiano, impacto antrópico, transformación del paisaje, análisis multitemporal, crecimiento urbano.

Incidencia de metales en el *bivalvo Isognomon alatus* en la Bahía de Cartagena entre 2022-2023 / Incidence of metals in the *bivalve Isognomon alatus* in the Bay of Cartagena between 2022-2023

Autores: Patricia Romero-Murillo[1]\,Luis Montero-Mendoza[2], Valentina Cardozo León[3], Jorge L. Gallego[3]

1 Grupo de investigación GIBEAM, Universidad del Sinú, Elías Bechara Zainúm, Seccional Cartagena.

2 Environmental Chemistry Research Group, School of Exact and Natural Sciences, San Pablo University Campus, University of Cartagena.

3 Grupo de Investigación en Biodiversidad, Biotecnología y Bioingeniería GRINBIO, Facultad de Ingenierías, Universidad de Medellín. Autor de correspondencia: patricia.romero@unisinu.edu.co

Resumen:

Los metales son un tipo de contaminante frecuente en las zonas marino-costeras, que pueden provenir de procesos industriales, desarrollo agrícola, desarrollo urbano u otras actividades antrópicas. Estos contaminantes como el Mercurio (Hg), Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) pueden llegar al agua y precipitarse, mantenerse en el sedimento o estar disponibles en los organismos que las habitan. Cada una de estas matrices es vital para comprender la situación de los metales y su efecto en el ambiente. Sin embargo, los registros en organismos permiten reunir lo que sucede en las matrices abióticas y bióticas, por tanto, es indispensable realizar seguimientos con organismos que reflejen una escala temporal mayor a una medida puntual y puede relacionarse con la situación real del ambiente. Los bivalvos frecuentemente a nivel mundial se emplean para realizar monitoreos y evaluaciones de impacto. La bahía de Cartagena, que está conformada por ecosistemas vulnerables como los manglares en donde están asociados organismos como las ostras, muestra un desarrollo significativo a nivel urbano e industrial, además de recibir aportes del canal del Dique con presencia de productos empleados en agricultura y minería, todos ellos pueden tener una ocurrencia importante en el ambiente a partir de aportes considerables de metales, provocando posibles efectos en los organismos que lo integran. Por lo cual, esta investigación buscó analizar la incidencia de los metales en la ostra nativa *Isognomon alatus* con respecto a las diferencias de los aportes y la variabilidad climática determinada en la zona durante los años 2022 y 2023. Lo que se llevó a cabo en tres sitios, Ciénaga de la Virgen (presencia de caños de la bahía y de otras áreas-CV1), Ciénaga Honda (en la zona de influencia del Canal del Dique-CH), Ciénaga de los Vásquez (fuera de la bahía con menor impacto de distintas fuentes-CV2). En cada uno de los sitios se determinaron las concentraciones de Hg, Pb y Cd en el tejido blando de las ostras para las épocas seca, transición y lluvia. Los resultados mostraron concentraciones entre 0.028-0.125 µg/g p.s Hg; 0.162-2.151 µg/g p.s Pb; 0.752-23.127 µg/g p.s Cd. Además, la mayor concentración de Hg estuvo en CH época lluvia y la menor en CV2 época Transición.

Para Pb, la mayor concentración estuvo en CV1 época lluvias. En cuanto a Cd, CV2 época lluvia registró la mayor concentración y la menor en CV1 época transición. Los análisis indicaron que existen diferencias estadísticamente significativas entre años para Hg y Pb con una influenciadas por la disminución de las lluvias de un año a otro, efecto que se observa en las distinciones entre CH y CV2, en donde CH en la zona de influencia del Canal del Dique muestra mayores concentraciones de Pb y de Hg en CV1.

Palabras clave: Metales; Bivalvo; *Isognomon alatus*; Variabilidad Climática.

Abundancia de microplástico en *Isognomon alatus* y *Perna viridis* durante época seca en Cartagena Bolivar. / Abundance of microplastics in *Isognomon alatus* and *Perna viridis* during the dry season in Cartagena Bolívar.

Autores: Daniela Puerta-Gómez[1]* Wilson David Martínez-Haad[1] Patricia Romero-Murillo[1] Grupo de investigación GIBEAM, Universidad del Sinú, Elías Bechara Zainúm, Seccional Cartagena– Bolívar, Colombia. puertadani18@gmail.com

Resumen:

La contaminación por microplásticos representa una de las principales problemáticas ambientales en los ecosistemas marinos costeros, debido a la creciente producción y disposición inadecuada de residuos plásticos. Estas partículas, menores a 5 mm, pueden ser ingeridas por organismos filtradores como Isognomon alatus y Perna viridis, los cuales actúan como bioindicadores de contaminación. En Cartagena, los sistemas costeros presentan influencias diferenciadas, como los aportes continentales del Canal del Dique en Ciénaga Honda y la intensa actividad marítima en la Sociedad Portuaria. El objetivo del estudio fue realizar un análisis comparativo de la presencia y tipología de microplásticos en ambas especies durante la época seca. Se recolectaron 30 organismos de I. alatus en Ciénaga Honda y 30 organismos de P. viridis en la Sociedad Portuaria. Los tejidos blandos fueron sometidos a digestión química con hidróxido de potasio (KOH) al 10% a 60 °C durante 24–48 horas; posteriormente, el material fue filtrado y examinado bajo microscopio estereoscópico para clasificar las partículas según forma y color. Durante la época seca se registraron 784 partículas en I. alatus y 1759 partículas en P. viridis. En ambas especies predominó la tipología fragmento y el color negro; sin embargo, en I. alatus también se observó una proporción importante de película, mientras que en P. viridis se evidenció mayor diversidad morfológica, incluyendo fibras y partículas redondas. Las diferencias registradas entre localidades sugirieron que las fuentes de contaminación variaron según la dinámica ambiental y la presión antrópica de cada sitio. En Ciénaga Honda, la influencia histórica de descargas continentales pudo favorecer la acumulación de ciertos tipos de partículas, mientras que en la Sociedad Portuaria la actividad marítima pudo contribuir a una mayor diversidad de microplásticos. Los resultados indicaron que la contaminación por microplásticos persistió en ambos ambientes durante la época seca, evidenciando que su presencia no dependió exclusivamente de eventos de precipitación. Se concluyó que ambas especies resultaron adecuadas como bioindicadores y que los ecosistemas evaluados presentaron contaminación plástica asociada a fuentes continuas urbanas y portuarias, además de la influencia de actividades antrópicas locales.

Palabras clave: Microplasticos; Bivalvos; Bioindicadores; Época seca; Contaminación costera. **Keywords:** Microplastics; Bivalves; Bioindicators; Dry season; Coastal pollution.

Calidad del agua superficial del Río Magdalena en el Caribe Colombiano: soluciones futuras para el tratamiento de aguas residuales / Surface water quality of the Magdalena River in the Colombian Caribbean: future solutions for treatment wastewaters.

Autores: Liliana Centanaro Acuña[1], Juan Roberto de Jesus Rua Díaz[1,2], Ricardo Alfonso Roman Herazo[1,2], Alcindo Neckel[3,4], Caliane Christie Oliveira de Almeida Silva[3], Grace Tibério Cardoso[3], Guilherme Peterle Schmitz[3], Andrea Liliana Moreno-Ríos[1], Claudete Gindri Ramos[1]

Resumen:

Environmental Science and Pollution Research
https://doi.org/10.1007/s11356-025-36616-9

RESEARCH ARTICLE

Surface water quality of the Magdalena River in the Colombian Caribbean: future solutions for treatment wastewaters

Liliana Centanaro Acuña[1] · Juan Roberto de Jesus Rua Díaz[1,2] · Ricardo Alfonso Roman Herazo[1,2] · Alcindo Neckel[3,4] · Caliane Christie Oliveira de Almeida Silva[3] · Grace Tibério Cardoso[3] · Guilherme Peterle Schmitz[3] · Andrea Liliana Moreno-Ríos[1] · Claudete Gindri Ramos[1]

Received: 17 October 2024 / Accepted: 2 June 2025

© The Author(s), under exclusive licence to Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2025

Abstract

The treatment of water quality has gained global importance due to the increasing pressure on freshwater ecosystems from anthropogenic activities. In this context, hydrological quality studies are essential to develop and implement new strategies for water resource management, particularly in port areas where industrial and urban pressures converge. This study presents a comprehensive multitemporal assessment of surface water quality in the Magdalena River near the Palermo Sociedad Portuaria (Colombia), integrating physical, chemical, and microbiological parameters from 2016 to 2023. Two monitoring points (P1 upstream and P2 downstream) were analyzed using a suite of pollution indices WQI, ICOMI, ICOMO, ICOSUS, ICOTRO, and ICOpH along with two-way ANOVA, Spearman correlation, and principal component analysis (PCA). The findings reveal significant temporal variations in water quality, with deterioration peaks linked to the rainy season, increased agricultural activity, and untreated wastewater discharges. The PCA identified three principal components explaining 46.56% of the total variance, highlighting the influence of biodegradable organic matter (BOD_5), oxidizable load

(COD), oils and greases (FO), and coliforms as key pollution drivers. The WQI ranged from 0.46 to 0.65, reflecting moderate quality, while the ICOMO and ICOTRO indicated persistent eutrophic conditions and suspended solids contamination, particularly at P1. Although the ICOMI and ICOpH showed mostly low contamination levels, isolated peaks suggest the need for continuous surveillance. Despite its semiannual frequency and limited spatial coverage, the study provides a reliable long-term baseline for understanding water quality dynamics in port environments. It demonstrates the effectiveness of multivariate and index-based approaches in tropical regions, where integrated assessments remain scarce. The results underscore the importance of strengthening wastewater treatment, promoting sustainable agricultural practices, and expanding the environmental monitoring network. This research contributes to bridging knowledge gaps in the ecological management of fluvial-port ecosystems in Colombia. Future strategies should consider predictive modeling and community-based participation to ensure the conservation of the Magdalena River's ecological integrity and its critical role in biodiversity, livelihoods, and regional development.

Keywords: Surface water quality · Magdalena River · Pollution index · Wastewater treatment · Port environments

Responsible Editor: Xianliang Yi

Corresponding author: Alcindo Neckel (alcindo.neckel@atitus.edu.br)

1 Department of Civil and Environmental Engineering, Universidad de La Costa, CUC, Calle 58 # 55–66, Barranquilla, Atlántico, Colombia

2 Puerto Palermo Sociedad Portuaria, Corregimiento de Palermo, Municipio de Sitionuevo, Magdalena, 477001 Barranquilla, Colombia

3 Atitus Educação, Passo Fundo, RS 30499070-220, Brazil

4 University of Minho, UMINHO, 4710-057 Guimarães, Portugal

Published online: 14 June 2025

Introduction

Transformations driven by environmental factors such as climate change and pollution (Lau et al. 2019; Torregroza-Espinosa et al. 2020). Human activities, such as transportation, agriculture, industry, and urbanization, alter these ecosystems, exacerbating processes such as soil erosion and waterlogging. Different land uses within hydrographic basins determine the pollutants entering rivers, either directly or through diffuse sources, mediated by atmospheric processes, topography, or stormwater runoff from eroded soils (Galaviz and Sosa 2019; Vega 2021; Dippong et al. 2022). Gallo-Velez et al. (2022) highlight that in the Magdalena River basin, land-use changes, particularly deforestation and agricultural expansion, significantly contribute to sediment and nutrient loads, further degrading water quality in critical riparian zones.

Port terminals, functioning as crucial land–water interfaces, significantly influence global supply chains by facilitating efficient cargo transportation between regions and countries. They provide essential infrastructure for cargo handling and transfer. Comprehensive analyses of port dynamics, encompassing interactions between

ships, ports, and cargo, are fundamental for understanding their ecological impacts (Bingmei and Jiaguo 2023). Effective management and control of port activities can significantly mitigate their environmental footprint (Hong et al. 2020). However, the environmental effects of ports on adjacent water bodies remain understudied in Colombia, especially through integrated and multitemporal assessments.

According to Andriamahefazafy et al. (2022), approximately 70%–75% of global marine pollution originates from terrestrial human activities, with rivers transporting up to 90% of pollutants to the oceans. Coastal urban areas, home to approximately 70%–80% of the global population (around 3.6 billion people), contribute significantly to marine waste, leading to the degradation of critical ecosystems. Da Silva et al. (2024) emphasize that port activities in the Magdalena River estuary exacerbate this issue by introducing organic and chemical pollutants, which impact coastal ecosystems such as mangroves and fisheries in the Ciénaga Grande de Santa Marta.

Water quality assessment involves physical, chemical, and biological evaluations, analyzing numerous variables and contamination indicators within aquatic environments (Singovszka et al. 2017; Mora et al. 2022). Identifying and analyzing pollution levels in ports and coastal areas is essential for effective facility planning, policy formulation, pollution control, and sustainable logistic development (Sundarajan et al. 2017; Zabihollah et al. 2020). Nevertheless, many existing studies focus on isolated contaminants or lack historical data to evaluate trends or post-intervention effects, such as those caused by pandemic-related restrictions.

The limited availability of environmental and scientific data complicates the formulation of effective pollution prevention and control strategies for ports (Chen et al. 2023). Previous studies have often focused on specific contaminants such as metals (Zhang et al. 2019; Lim et al. 2022), highlighting the need for comprehensive evaluations. In this context, multiparametric and longitudinal studies are essential to differentiate between background contamination and point-source effects associated with port operations. Simultaneous assessment of multiple pollutants allows for a more accurate estimation of ecological risks associated with port activities (Zhang et al. 2019; Mora et al. 2022; Chen et al. 2023). Julio and Tamaris-Turizo (2018) underscore that integrated assessments in the Magdalena River reveal a complex interplay of organic, microbial, and chemical pollutants, necessitating a holistic approach to address the cumulative impacts of port and upstream activities.

The identification and analysis of pollution indicators in water bodies are essential to understanding the magnitude of environmental degradation and its potential impact on ecosystems and human health. In this regard, recent studies by Dippong et al. (2023a), and Dippong and Resz (2024a, b) offer a comprehensive overview of the main pollutants present in different aquatic matrices, as well as the methodological approaches used for their assessment. For instance, Dippong et al. (2023b), in their study of lakes in the Maramureș region of Romania, identified heavy metals such as As, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn, Fe, and Mn in both water and sediments.

The use of indices like the Heavy Metal Pollution Index (HPI), Heavy Metal Evaluation Index (HEI), and Ecological Risk Index (Er) revealed moderate to high contamination levels, suggesting influences from mining and industrial activities. Similarly, Dippong and Resz (2024a, b) examined groundwater in the Gutai Mountains,

incorporating indicators like ammonium (NH_4^+), nitrates (NO_3^-), phosphates (PO_4^{3-}), and trace metals, and applying health-related indices such as the Hazard Quotient (HQ) and Hazard Index (HI) to estimate chronic exposure through consumption. While the levels remained below critical thresholds, their consistent detection points to aquifer vulnerability.

In the Remeți watercourse, Dippong et al. (2023a) assessed both physical and chemical parameters—turbidity, dissolved oxygen, iron, manganese, ammonium, and orthophosphates—finding quality deterioration during summer and autumn due to agricultural runoff and wastewater discharges. The application of the Weighted Arithmetic Water Quality Index (WA-WQI) and Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME-WQI) indices highlighted seasonal fluctuations in ecological risk. This convergence in the use of composite indices illustrates a methodological advancement toward harmonizing environmental monitoring, facilitating interregional comparisons, and improving the design of differentiated water management strategies. However, the integration of biological variables and spatial modeling is still needed to enhance predictive capacity and support sustainable water governance.

Although previous studies have focused on water quality and its impacts, few have integrally addressed the effects of anthropogenic activities on aquatic ecosystems in protected areas, especially in tropical regions such as Colombia. Furthermore, existing contaminant studies primarily focus on specific metals, without considering the combined impact of multiple pollution sources affecting aquatic ecosystems. Restrepo et al. (2018) note that the Magdalena River, a critical tropical ecosystem, faces unique challenges due to the combined effects of urban wastewater, agricultural runoff, and industrial discharges, which are underrepresented in global water quality studies focused on temperate regions.

This study introduces a novel comprehensive approach to evaluating water contamination in protected areas, accounting for a variety of chemical, biological, and physical contaminants. It also introduces new indicators and methods to assess ecological and human health risks derived from contamination; aspects not sufficiently explored in previous studies in Colombia. Da Silva et al. (2024) support this approach, demonstrating that multi-parameter assessments in the Magdalena River estuary reveal significant ecological risks, including eutrophication and mangrove degradation, which threaten biodiversity and ecosystem services.

This research is highly relevant for the sustainable management of water resources in Colombia, especially in protected areas crucial for biodiversity and local communities. It provides valuable information for researchers, policymakers, and riparian communities about water quality conditions and threats facing these aquatic ecosystems. Additionally, the implementation of proposed monitoring and pollution control strategies could significantly impact biodiversity protection and public health in the region. Julio and Tamaris-Turizo (2018) emphasize that sustainable management strategies for the Magdalena River must integrate local community involvement and inter-institutional collaboration to address pollution sources effectively.

In studies conducted in Romania, Mihali and Dippong (2023) evaluated water quality in the Remeți watercourse within a Natura 2000 protected area, observing contamination by ammonium, orthophosphates, iron, and manganese, with higher turbidity and lower dissolved oxygen concentrations during summer and

autumn months. This analysis revealed that human activities, such as wastewater discharge and agricultural runoff, were primary pollution sources.

Similarly, Dippong et al. (2023b) assessed water quality in several rivers in the protected area of Upper Tisa, Romania, observing heavy metal contamination, with levels of ammonium (NH_4^+), iron (Fe), nickel (Ni), chromium (Cr), and manganese (Mn) varying significantly. Contamination indices such as Heavy Metal Pollution Index (HPI) and Heavy Metal Evaluation Index (HEI) indicated low to high contamination levels without significant risks from ingestion or dermal contact. They identified 23 fish species, indicating good quality and stability of the aquatic ecosystem. This study highlights the importance of continuous assessments of water quality and the impacts of anthropogenic activities in protected areas (Mihali and Dippong 2023; Dippong et al. 2023b).

Gallo-Velez et al. (2022) draw parallels with the Magdalena River, noting that similar contamination patterns, particularly from nutrients and sediments, threaten biodiversity in tropical protected areas, underscoring the need for region-specific water quality assessments.

Given the above, the need for comprehensive studies on water bodies surrounding port areas is clear. These studies will help establish the current state of water resources and propose solutions to manage and mitigate pollution impacts. In Colombia, the Water Indicator System, including the WQI and ICO, was developed to systematically address these issues (IDEAM 2014). Da Silva et al. (2024) advocate for the application of such indices in the Magdalena River to quantify the combined impacts of port-related pollution and upstream activities, providing a framework for sustainable management and policy development.

Methodology

Study area

The Magdalena River, Colombia's primary fluvial artery, stretching 1528 km, stands as the foremost Andean fluvial system in South America and boasts an average flow of 7200 $m^3 s^{-1}$, subject to location-specific variations. Functioning as a primary source of potable water and sustenance through its abundant fish populations, it also contends with the influx of domestic and industrial wastewater alongside agricultural runoff. Encompassing a hydrographic basin of approximately 257,438 km^2, this basin accounts for 24.8% of the national territory. Hosting major cities and over 700 municipalities spanning 18 departments, it is home to nearly 75% of the Colombian population (CAR 2010; Tejeda-Benítez et al. 2023).

The municipality of Sitionuevo is situated in the Magdalena Department, part of the Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) lagoon complex, located in the northern region of the department. It shares boundaries with the Caribbean Sea to the north, the municipality of Remolino to the south, Puebloviejo to the east, and the Special, Industrial, and Port District of Barranquilla, along with the Magdalena River to the west (Fig. 1).

Port description

The multipurpose port, Palermo Sociedad Portuaria (10°58 ′ 41.42 ″ N; 74°45 ′ 9.03 ″ O), is situated 18 km upstream on the eastern bank of the Magdalena River, facing Barranquilla on the northwest coast of Colombia. Operating since 2009, it has emerged as a key national transport hub, ranking as the leading terminal for metallurgical coke exports and steel imports for five consecutive years (2018–2022). Spanning approximately 38 ha, the port features a 1000-m-long dock with water depths ranging from 6.0 to 10.0 m and five berthing positions. Its capacity accommodates a varied fleet and sustains a load capacity of 24 tons m^{-2} (Coremar 2023). The northern dock primarily serves water intake, while docks 1–5 handle diverse cargoes such as coke, steel, pipes, bulk commodities, chemicals, fertilizers, general cargo, project cargo, and construction materials.

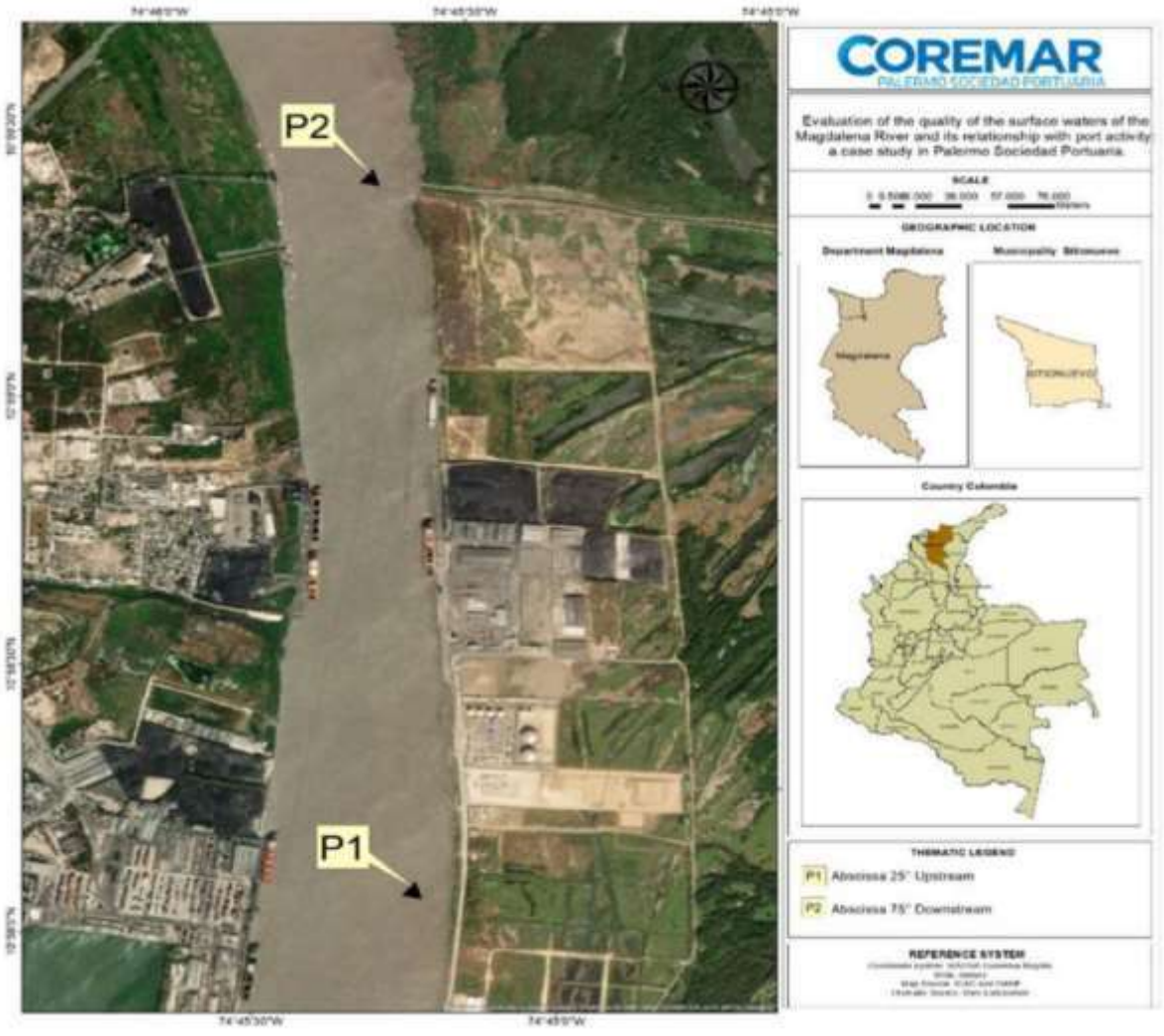


Fig. 1 Location of the study area and monitoring points

The port traffic in the city of Barranquilla handled 10.47, 12.14, and 11.77 million tons in the years 2020, 2021, and 2022, respectively. Palermo Sociedad Portuaria contributes to 22.47% of the city's annual traffic within the Port Zone of the Caribbean region in Colombia (Super-intendencia de Transportes 2022). Notably, the port operates without discharging any effluents into the surrounding water bodies, ensuring the preservation of the port's aquatic environment. Currently undergoing comprehensive renovation and construction, the port aims to enhance its competitiveness.

Surface water sampling

The monitoring of surface water quality was conducted at two (2) control points: P1: Station No. 1 at abscissa 25° (upstream), coordinates 10.9693°N, − 74.7548°W, and P2: Station No. 2 at the designated downstream location, coordinates 10.9921°N, − 74.7598°W. Sampling occurred semiannually to cover both rainy and dry seasons (Table 1). In all sampling stations, in situ parameters such as pH, temperature, dissolved oxygen, conductivity, and water appearance were measured using calibrated portable equipment. Water samples were collected for laboratory analysis of physicochemical and microbiological variables (INVEMAR 2022).

The selection of these two specific points, P1 upstream and P2 downstream, was based on a preliminary hydrodynamic and geographic assessment of the port area. P1 represents a reference site with minimal direct influence from port activities, while P2 captures the direct impact of port discharges and operational runoff. This design allowed for comparative analysis of potential anthropogenic influence associated with port activities, distinguishing it from broader basin-scale pressures such as agriculture, and municipal discharges.

To ensure representativeness and minimize spatial and temporal bias, the monitoring campaign included both dry and wet seasons over 7 years. However, the spatial coverage was limited to two stations due to logistical constraints and the nature of port operations, which restrict access in some areas. Quality assurance and quality control (QA/QC) procedures were followed, including the use of certified standards, blank samples, duplicate samples, and calibrated instruments for all measurements. Calibration was performed daily for multiparametric equipment in accordance with manufacturer guidelines. All field personnel were trained and followed standardized operating procedures (SOPs) to ensure consistency across sampling campaigns.

Sampling procedures adhered to the protocols of Baird and Bridgewater (2017). A vessel collected seven samples semiannually from defined points of surface water at the multipurpose port of Barranquilla (Fig. 2). The sampling sites' coordinates were obtained using a global positioning system on board the ship. The samples were packed in double-layered zip-lock plastic bags and temporarily stored in ice-filled buckets until transported back to the laboratory (Chen et al. 2023).

The samples for the physicochemical, hydrobiological, and microbiological characterization of surface water were collected and analyzed by the accredited environmental laboratory, Zonas Costeras S.A.S, under the resolution No. 0237 dated March 7, 2019, issued by the Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM 2023). This laboratory actively participates in the Programa Interlaboratorio de Control de

la Calidad del Agua Potable (PICCAP), as stipulated by Decree 1575 of 2007 of the Ministry of Environment and Sustainable Development (MADS 2007).

Table 1 Rainfall regime per sampling period

Sampling period	Sampled month	Rain regime
2016–1	July	Humidity
2016–2	September	Humidity
2017–1	March	Dry
2017–2	December	Dry
2018–1	June	Humidity
2018–2	November	Dry
2019–1	May	Humidity
2019–2	November	Dry
2020–1	July	Humidity
2020–2	December	Dry
2021–1	June	Humidity
2021–2	December	Dry
2022–1	June	Humidity
2022–2	November	Dry
2023–1	June	Humidity

Table 1 Rainfall regime per sampling period



Fig. 2 Surface water sampling

Analytical procedure

The pH analysis was performed using the SM 4500-H+B/electrometric method, measured directly on-site with a portable pH meter (Thermo Fisher Scientific Orion Star A329, Hanna Instruments HI98194) and a pH electrode (Mettler Toledo InLab, Thermo Fisher Orion). Calibration was done with standard solutions at pH 4.00, 7.00, and 10.00, ensuring instantaneous measurement post-calibration.

Temperature (in situ, SM 2550 B) was measured with a digital thermometer (Omega Engineering HH77, Hanna Instruments HI98501) directly at the sampling site with immediate reading. The dissolved oxygen (DO) (in situ, SM 4500-O G/membrane electrode) was measured using a dissolved oxygen meter with a membrane electrode (YSI ProDSS, Thermo Fisher Orion DO, Hanna Instruments HI9146). Calibration was performed with air-saturated water at 20°C, requiring 1–2 min per sample.

Conductivity (SM 2510 B) was measured with a portable conductivity meter (Thermo Fisher Orion Star A212, Hanna Instruments HI2300), calibrated with standard solutions (1413 µS cm^{-1} and 12.88 mS cm^{-1}), with measurement times of 1–2 min. Turbidity (SM 2130 B) analysis was conducted using a turbidimeter (Hach 2100Q, Thermo Fisher Orion AQ3700), calibrated with standard solutions, taking 1–2 min per sample.

The BOD_5 analysis (SM 5210 B) involved incubating water samples at 20°C for 5 days in a controlled incubator (Memmert INB 200, Thermo Fisher Scientific Lab-Line), with dissolved oxygen measured initially and after incubation using dissolved oxygen meters (YSI ProDSS, Hach HQ40d). For COD (SM 5220 D), water samples underwent reflux digestion at 150°C for 2 h, followed by absorbance measurement at 620 nm using spectrophotometry (Thermo Fisher Scientific Genesys 10S, Hach DR 6000).

Fats and oils (FO) (SM 5520 D) were determined by Soxhlet extraction with hexane for 4 h, followed by solvent evaporation and weighing of residue using analytical balances (Mettler Toledo XS205, Ohaus

Adventurer). Anionic surfactants (SM 5540 C) were analyzed via colorimetry (Thermo Fisher Scientific Genesys 10S, Hach DR 6000) at 625 nm, taking approximately 5 min per analysis.

Phenols (SM 5530 B, D) underwent distillation for 1 h, followed by colorimetric analysis at 510 nm using spectrophotometers (Thermo Fisher Scientific Genesys 10S, Hach DR 6000). Total suspended solids (SM 2540 D) were quantified by filtration, drying at 105°C, and weighing, requiring 1–2 h of drying. Sedimentable solids (SM 2540 F) settled in an Imhoff cone for 1 h, with volume measured afterward. Total solids (SM 2540) were dried at 180°C for 2–3 h post-filtration and weighed.

Sulfates (SM 4500-SO_4^{2-} E) were quantified through turbidity measurement using turbidimeters (Hach 2100Q, Thermo Fisher Orion AQ3700), completed in approximately 5 min. Total alkalinity (SM 2320 B) involved titration with hydrochloric acid using titration apparatus (Metrohm Titrino Plus, Thermo Fisher LabSystems), requiring 10–15 min.

Nitrates (SM 4500-NO_3^- E) and nitrites (SM 4500-NO_2^- B) were measured using spectrophotometry post-cadmium column reduction and direct colorimetry, respectively. Total phosphorus TP (SM 4500-P B, E) was measured by acid digestion and spectrophotometric analysis. Total hardness (SM 2340 C) utilized EDTA titration methods.

Total coliforms (TC) (SM 9223 B) and fecal coliforms (FC) (SM 9223 B/modified Ed 23) analyses involved membrane filtration and incubation at 35°C and 44.5°C, respectively, for 24–48 h each.

Water quality index (WQI)

Water quality assessment involves assigning relative weights (represented by W) to various parameters, emphasizing certain parameters over others. In the calculation of the WQI with five parameters, each parameter carries a relative weight of 0.2, while for six variables, the relative weight is 0.17, except for pH, which weighs 0.15. The WQI, ranging from 0 to 1, is calculated using Eq. 1.

$$WQI_{njt} = \Sigma^{n}_{i=1}\, Wi \cdot Iiktj \quad (1)$$

In this equation, Wi denotes the relative weight or weighting factor assigned to each variable, n represents the number of quality variables involved, and Iiktj signifies the calculated value of variable i at monitoring station j during the measurement in quarter k of period t (Cortes-Henao et al. 2020). The functional equations and subscripts for each variable used in the index calculation are detailed in Table 2.

Table 2 WQI subindex equations

Parameter		Equation		Specifications
1	Percent saturation of dissolved oxygen (SP_{DO})	$SP_{DO} = \frac{(O_s \cdot 100)}{C_p}$	(2)	O_s : Dissolved oxygen measured in the field mg l^{-1} C_p : Oxygen balance concentration mg l^{-1}
	Dissolved oxygen $SP_{DO} < 100\%$	$I_{DO} = 1 - (1 - 0.01.SP_{DO})$	(3)	I_{DO}: Dissolved oxygen index
	Dissolved oxygen $SP_{DO} > 100\%$	$I_{OD} = 1 - (0.01.SP_{DO} - 1)$	(4)	
2	Total suspended solids	$I_{TSS} = 1 - (-0.02 + 0.003.TSS)$	(5)	I_{TSS}: Total suspended solids index $TSS \leq 4.5 \rightarrow I_{TSS} = 1$ $TSS \geq 320 \rightarrow I_{TSS} = 0$
3	Chemical oxygen demand (COD)	It is governed under a specific range of parameters	(6)	$COD \leq 20 \rightarrow I_{COD} = 0.91$ $20 < COD \leq 25 \rightarrow I_{COD} = 0.71$ $25 < COD \leq 40 \rightarrow I_{COD} = 0.51$ $40 < COD \leq 80 \rightarrow I_{COD} = 0.26$ $COD > 80 \rightarrow I_{COD} = 0.125$
4	Electric conductivity (EC)	$I_{EC} = 1 - 10^{(-3.26+1.34.\text{Log (EC)})}$	(7)	$I_{EC} < 0 \rightarrow I_{EC} = 0$
5	pH, if $4 \leq pH \leq 7$	$I_{pH} = 0.02628419.e^{(pH.0.520025)}$	(8)	$pH < 4 \rightarrow I_{pH} = 0.1$
	pH, if $8 < pH \leq 11$	$I_{pH} = 1.e^{((pH-8)-0.5187742)}$	(9)	$7 < pH \leq 8 \rightarrow I_{pH} = 1$ $pH > 11 \rightarrow I_{pH} = 0.1$

Source: Adapted (IDEAM 2011; Fúquene et al., 2019)

Table 2 WQI subindex equations

Pollution index (ICOS)

The ICOS was calculated following the methodological procedure proposed by Fernández et al. (2003), which allows for the integration of various physicochemical and microbiological parameters into a single value representative of the degree of pollution in freshwater bodies. This index is based on the normalization of the observed values for each parameter, comparing them with established quality standards, and then aggregating them using a weighted formula that considers the relative importance of each variable.

Equation (10) was used for the calculation, and the following variables were considered: BOD_5 as an indicator of biodegradable organic matter, COD as an indicator of total oxidizable organic matter, DO as oxygen available for aquatic life, TC as an indicator of fecal contamination, FO as organic contaminants from industrial/domestic waste, phenols as toxic organic compounds, sulfonic acids (SA) as a representation of synthetic surfactants. Each of these parameters was transformed to a dimensionless scale between 0 and 1, in which values closer to 0 indicate optimal conditions or low levels of contamination, while values closer to 1 reflect high levels of contamination.

$$ICOS = (1/n)\ \Sigma^{n}_{i=1}\ Pi \quad (10)$$

where n is the total number of parameters included, and Pi represents the normalized value of parameter i, calculated according to the relationship between the measured concentration and the regulatory permissible limit for that parameter. The ICOS was interpreted using a color scale defined by Ramírez et al. (1999), which allows for an intuitive visualization of water quality. This scale (Table 3) consists of five pollution levels, each

associated with a range of values and a representative color. This system allows for synthetic and effective characterization of water quality, facilitating decision-making in environmental management.

Table 3 Color scale for ICOS interpretation

ICOS	Water quality category	Associated color
0.00–0.20	Excellent (unpolluting)	Blue
0.21–0.40	Good (low pollution))	Green
0.41–0.60	Fair (moderate pollution)	Yellow
0.61–0.80	Poor (high pollution)	Orange
0.81–1.00	Very poor (severe pollution)	Red

Table 3 Color scale for ICOS interpretation

Suspended solids pollution index (ICOSUS)

This index is calculated by using Eq. (11) and considers the concentration of suspended solids (SS), defined as organic or inorganic solid particles that remain in suspension in a solution. SS > 340 mg/l have an ICOSUS = 1; SS < 10 mg/l has an ICOSUS = 0.

$$ICOSUS = -0.02 + 0.0003 \times SS\ (mg\ l^{-1})\ (11)$$

Mineralization pollution index (ICOMI)

The ICOMI is calculated by Eqs. (12)–(15). This indicator groups conductivity, which indicates the content of dissolved solids in the water stream; hardness, based on the concentration of Ca and Mg cations; and alkalinity, expressed through the content of carbonate and bicarbonate anions, where EC greater than 270 µS cm^{-1} have a conductivity index (IEC) = 1; HD > 100 mg $CaCO_3 l^{-1}$ have an HD index (IHD) = 1; alkalinity > 250 (mg l^{-1}) have an alkalinity index (IA) = 1; and alkalinity < 50 (mg l^{-1}) have an IA = 0 (Ramírez et al. 1997).

$$ICOMI = (1/3)(IEC + IHD + IA)\ (12)$$

$$IEC = 10\text{^}(-3.26 + 1.34 \cdot Log_{10}\ EC)\ (13)$$

$$IHD = 10\text{^}(-9.09 + 4.4 \cdot Log_{10}\ HD)\ (14)$$

$$IA = (-0.25 + 0.005 \cdot A)\ (15)$$

Pollution index by organic matter (ICOMO)

It is obtained through the BOD_5, total coliforms (TC), and percentage of oxygen saturation (POS) by Eqs. (16)–(19), where BOD_5 > 30 mg l^{-1} have an BOD_5 index (IBOD5) = 1; BOD_5 < 2 mg l^{-1} have an IBOD5 = 0; TC > 20,000 (NMP/100 ml) have an TC index (ITC) = 1; TC < 500 (NMP/100 ml) have an ITC = 0; and POS > 100% have an POS index IPOS = 0.

$$ICOMO = (1/3)(IBOD5 + ITC + IPOS) \quad (16)$$

$$IBOD5 = -0.005 + 0.7 \cdot Log_{10}\, BOD5 \quad (17)$$

$$ITC = -1.44 + 0.56 \cdot Log_{10}\, TC\ (NMP/100\ ml) \quad (18)$$

$$IPOS = 1 - 0.01(POS) \quad (19)$$

Trophic contamination index (ICOTRO)

It is calculated by the concentration of total phosphorus in mg l^{-1}. This parameter includes different compounds such as various orthophosphates, polyphosphates, and organic phosphorus. The determination is made by converting all of them into orthophosphates, which are those that are determined by chemical analysis (Montero and Ramirez 2018). These degrees of trophy symbolize the level of richness in elements that limit primary production. Four degrees of trophy are distinguished: Oligotrophy (< 0.01): this is when the medium is poor in nutrients, but very oxygenated throughout its depth and the clarity of the water is very good. This is represented on the color scale with blue (INSIVUMEH 2023); Mesotrophy (0.01–0.02): it is an intermediate phase where the nutritional content is medium and aquatic organisms are more numerous. This is represented on the color scale with green (INSIVUMEH 2023); Eutrophy (0.02–1.00): it is the process that interests us and that qualifies an environment rich in nutritional materials. This is represented on the color scale with yellow (INSIVUMEH 2023); and hypereutrophy (> 1.00): it is the continuation of the eutrophication process. The medium is then excessively enriched in nutritional materials and the concentrations of oxygen dissolved in the water are very low (Hala 2012). This is represented on the color scale with red (INSIVUMEH 2023).

Pollution index by pH (ICOpH)

The Hydrogen Potential Pollution Index is a measure of the pollution generated in a body of water, due to a variation in the normal pH range (taking pH = 7 as a base) (Ramírez et al. 1999). The calculation of the index is carried out by Eq. (20).

$$ICOpH = e\text{^}(-31.08+3.45 \cdot pH) / (1 + e\text{^}(-31.08+3.45 \cdot pH)) \quad (20)$$

Data analysis

To ensure the reliability of the analyses, the dataset underwent a preprocessing stage that included visual inspection and statistical detection of outliers using the interquartile range (IQR) method. Outliers defined as values exceeding 1.5 times the IQR were excluded if they were found to significantly affect the variance

structure or the monotonicity of the dataset. Missing values, which accounted for less than 5% of the total, were imputed using the mean. Additionally, consistency in measurement units and scales across variables was verified; normalization was deemed unnecessary due to the homogeneity of units.

Normality was evaluated using four standard statistical tests: D'Agostino and Pearson, Anderson–Darling, Shapiro–Wilk, and Kolmogorov–Smirnov. Of the 21 variables analyzed, seven (approximately 33%) consistently met the criteria for normality (pH, temperature, dissolved oxygen, nitrates, total hardness, fecal coliforms, and total coliforms). The remaining 67% did not consistently exhibit a normal distribution. Given this and the potential for nonlinear relationships among environmental parameters, Spearman's rank-order correlation coefficient was selected. This nonparametric method is robust to deviations from normality and is suitable for detecting monotonic associations without requiring linearity. Unlike Pearson's correlation, Spearman's coefficient does not assume linearity, normality, or homoscedasticity, making it more appropriate for the characteristics of the environmental dataset in this study.

Prior to applying Spearman's correlation, scatterplots of all variable pairs were visually inspected to ensure that the assumption of monotonicity essential for valid interpretation was reasonably met. The resulting coefficients ranged from − 1 to 1, where values near − 1 or 1 indicated strong monotonic relationships (negative or positive, respectively), and values close to zero indicated weak or no association (Siabato and Guzmán, 2019). Correlation strength was categorized as follows: very weak (± 0.1), weak (± 0.25), moderate (± 0.5), substantial (± 0.75), very strong (± 0.9), and perfect (± 1) (Hernández-Sampieri et al. 2014; 2018).

To assess significant differences in water quality across spatial and temporal dimensions, a two-way analysis of variance (two-way ANOVA) was conducted, followed by Tukey's honestly significant difference (HSD) post hoc test ($\alpha = 0.05$). This approach enabled comparisons between sampling locations (P1 vs. P2) and hydrological seasons (dry vs. rainy) over multiple years.

Finally, a principal component analysis (PCA) was performed to identify underlying patterns in the dataset and detect gradients associated with spatiotemporal variations in water quality. Interpretation focused on the loading scores of the first three principal components, which explained the primary axes of variation in the system. All statistical analyses were performed using GraphPad Prism version 10.4.2.

Results and discussion

Water quality physicochemical parameters

Water quality in the analyzed section of the Magdalena River was assessed through the analysis of physical, chemical, and biological variables (Tables 4, 5, 6, and 7). The influence of anthropogenic factors on resource quality, as defined in Decree 3930 of 2010 (MADS 2019), and the impact of rainy and dry seasons (INVEMAR 2019) were considered. Table 4 presents the variation of the physicochemical parameters measured in situ and the microbiological analyses in the water samples taken at the upstream and downstream points of the port.

The analysis of physicochemical and microbiological parameters revealed patterns of temporal variation that were more pronounced than spatial differences within the study area. pH values ranged from 6.9 ± 0.3 to 8.0 ± 0.3, remaining within regulatory limits for the conservation of aquatic life in freshwater and estuarine tropical environments (MinSalud 1984). This stability is attributed to the photosynthetic activity associated with the high primary productivity of the Ciénaga Grande de Santa Marta, which influences CO_2 consumption (INVEMAR 2019; Torregroza-Espinosa et al. 2020). Furthermore, the buffering capacity of estuarine systems helps mitigate acidification induced by urban and industrial pollutant loads (Cai et al. 2021)). However, the two-way ANOVA indicated that the temporal factor ("year") had a significant effect ($p = 0.0032$), explaining more than 79% of the variability, reflecting relevant interannual fluctuations, possibly linked to hydrological, seasonal, or nutrient and pollutant load changes. In contrast, no significant spatial differences were observed ($p = 0.0921$), suggesting homogeneity in the pH distribution among the sampling points.

Regarding temperature, the recorded values ranged from 27.9 ± 0.9 to 31.8 ± 0.9°C, consistent with the natural ranges of tropical estuarine environments such as the Magdalena River system (Torres-Bejarano et al. 2020). Thermal stability is related to constant freshwater inputs and the absence of significant industrial thermal sources (Julio and Tamaris-Turizo 2018). The ANOVA confirmed that there were no significant differences between sites ($p = 0.8302$), but there were significant differences over time ($p < 0.0001$), with an explained variation of 92.7%. These interannual differences could be related to climatic phenomena such as El Niño and La Niña (Torregroza-Espinosa et al. 2021; Ha et al. 2024), which alter surface temperatures in coastal and continental systems.

The DO levels ranged from 3.1 ± 1.2 to 7.1 ± 1.2 mg l^{-1}, generally exceeding the minimum threshold of 4 mg l^{-1} established by Colombian regulations (MinDesa 2000; RAS 2000). However, in some seasons (2017–2, 2018–1, and 2018–2), transient decreases occurred, attributed to untreated domestic wastewater discharges, which increase biochemical oxygen demand and reduce its availability. Although hypoxic conditions (< 2 mg l^{-1}) were not recorded, these recurring episodes can affect sensitive organisms. Statistical analysis showed significant variability between years ($p < 0.0001$; 95.8% of the variance), but not between time points ($p = 0.8526$), reinforcing the influence of temporary hydrological and anthropogenic factors.

The EC showed greater variability, especially in P2, where a peak value of 669.0 ± 136.3 µS cm^{-1} was recorded in 2016, attributed to increased agricultural runoff and salt accumulation due to stagnation in areas with docked vessels (Choque-Quispe et al. 2021; CRA 2022). Although specific anomalies were observed, the ANOVA did not detect significant spatial differences ($p = 0.8526$), but did detect significant temporal differences ($p < 0.0001$), explaining 95.8% of the variability. This suggests that EC responds primarily to interannual factors, such as rainfall, agricultural practices, and variations in pollutant discharges.

Regarding TC, comparable levels were found at both sites, with averages of 2747.3 and 2713.2 MPN 100 ml^{-1} in P1 and P2, respectively. 62.2% of the samples exceeded the regulatory limit for primary contact, mainly during the rainy season, due to increased surface runoff and the

Table 4 Results of physicochemical parameters measured in situ and microbiological analysis

Period	Year	pH	T (°C)	DO (mg O_2 l^{-1})	EC (µS cm^{-1})	TC (NMP 100 ml^{-1})	FC (NMP 100 ml^{-1})
P1: Abs 25° upstream							
1	2016–1	8.00*	30.6*	6.7*	177.9*	1300.0	490.0
2	2016–2	7.47	30.8*	5.1*	137.6*	259.0	10.0*
3	2017–1	6.89*	29.9*	5.0*	133.1*	780.0	780.0
4	2017–2	7.22	29.6*	3.4*	139.7*	110.0	450.0
5	2018–1	7.32	30.4*	3.5*	134.6*	1300.0	1300.0
6	2018–2	7.26	29.9*	3.7*	133.0*	1300.0	740.0
7	2019–1	7.72	31.8*	5.4*	171.0*	4600.0	1400.0
8	2019–2	7.35	30.6*	4.9*	132.6*	3300.0	3300.0*
9	2020–1	7.03	30.8*	5.1*	131.4*	6970.0	2500.0
10	2020–2	7.15	29.5*	6.5*	132.0*	2000.0	310.0
11	2021–1	7.19	28.8*	4.3*	139.0*	960.0	410.0*
12	2021–2	7.45	27.9*	5.7*	135.9*	6200.0	233.0*
13	2022–1	7.41	30.4*	5.0*	142.0*	8130.0	2613.0
14	2022–2	7.62	30.2*	6.3*	139.0*	2920.0	504.0
15	2023–1	7.47	31.0*	6.4*	158.0*	1080.0	487.0
	Max	8.0	31.8	6.7	177.9	8130.0	3300.0
	Min	6.9	27.9	3.4	131.4	110.0	10.0
	Average	7.4	30.1	5.1	142.5	2747.3	1035.1
	Standard deviation	0.3	0.9	1.1	14.6	2568.0	998.3
	P2: Abs 75° downstream						
1	2016–1	7.92*	30.8*	7.1*	669.0*	3300.0	1700.0
2	2016–2	7.55	30.8*	5.2*	137.3*	350.0	20.0*
3	2017–1	7.11*	29.9*	5.0*	133.1*	1700.0	1700.0
4	2017–2	7.29	29.7*	3.3*	149.9*	78.0	45.0*
5	2018–1	7.26	30.5*	3.6*	134.6*	780.0	780.0
6	2018–2	7.22	29.9*	3.1*	133.0*	680.0	200.0
7	2019–1	7.78	31.7*	5.5*	170.0*	490.0	78.0
8	2019–2	7.04	29.7*	5.1*	135.2*	4900.0	4900.0*
9	2020–1	7.57	30.8	6.0*	130.0*	3270.0	1090.0
10	2020–2	7.22	29.5*	6.1*	181.0*	4100.0	1080.0
11	2021–1	7.45	29.9	4.2*	139.0*	5200.0	1.0*
12	2021–2	7.81	28.1*	5.2*	135.2*	2030.0	109.0*
13	2022–1	7.97	30.0*	5.1*	146.0*	3890.0	1.0*
14	2022–2	7.77	30.4*	5.3*	138.0*	2310.0	426.0*
15	2023–1	7.30	30.1*	6.8*	158.0*	7620.0	2187.0
	Max	8.0	31.7	7.1	669.0	7620.0	4900.0
	Min	7.0	28.1	3.1	130.0	78.0	1.0
	Average	7.5	30.1	5.1	179.3	2713.2	954.5
	Standard deviation	0.3	0.8	1.2	136.3	2171.3	1312.4

Table 4 Results of physicochemical parameters measured in situ and microbiological analysis

collapse of sewage systems (Tosic et al. 2019; Julio and Tamaris-Turizo, 2018). However, the ANOVA did not detect significant differences by site ($p = 0.9673$) or year ($p = 0.3307$), indicating that, although contamination is evident, its statistical behavior does not follow a clear pattern based on the location or the period evaluated.

The results highlight the importance of continuous environmental monitoring, especially during critical seasons, and the need to implement evidence-based adaptive management strategies to anticipate changes in water quality and mitigate the effects of anthropogenic pressures on estuarine and river ecosystems.

Table 5 Results of physicochemical parameters measured in the laboratory

Year	SS (mg l^{-1})	ST (mg l^{-1})	SST (mg l^{-1})	Turbidity (UNT)	BOD_5 (mg l^{-1})	COD (mg l^{-1})	POS (%)	TH (mg $CaCO_3$ l^{-1})	A (mg $CaCO_3$ l^{-1})
Abs 25° upstream									
2016–1	0.10	1044.0	152.3	246.0	2.9	25.0	87.4	N.D	50.9
2016–2	0.10	326.0	221.0	311.0	2.6	113.0	66.4	N.D	63.0
2017–1	0.20	264.0	177.0	37.4	14.5	279.0	64.5	N.D	55.1
2017–2	0.30	396.0	195.0	192.0	6.4	25.0	43.2	N.D	64.3
2018–1	0.50	456.0	320.0	341.0	36.4	52.4	45.6	62.8	49.2
2018–2	0.30	423.0	260.0	291.0	11.4	11.4	47.0	61.8	48.2
2019–1	0.30	596.0	634.0	496.0	13.2	61.7	71.2	271	64.5
2019–2	0.30	10760.0	310.0	356.0	5.1	50.0	63.7	59.0	45.1
2020–1	0.30	430.0	292.0	276.0	5.5	50.0	66.2	53.7	42.2
2020–2	0.20	293.0	174.0	167.0	5.1	50.0	83.4	58.6	50.8
2021–1	0.40	430.0	332.0	352.0	5.0	50.0	54.0	65.9	53.0
2021–2	0.40	837.0	235.0	176.0	10.2	50.0	70.9	62.3	156.0
2022–1	0.30	380.0	287.0	230.0	7.2	50.0	65.1	67.4	54.0
2022–2	0.30	306.0	226.0	200.0	17.1	50.0	81.9	65.7	54.4
2023–1	0.30	840.0	510.0	700.0	2.0	127.0	84.3	72.0	54.3
Max	0.5	10,760.0	634.0	700.0	36.4	279.0	87.4	271.0	156.0
Min	0.1	264.0	152.3	37.4	2.0	11.4	43.2	53.7	42.2
Average	0.3	1185.4	288.4	291.4	9.6	69.6	66.3	81.8	60.3
Standard deviation	0.1	2658.7	130.0	155.2	8.7	65.2	14.3	62.9	27.3
Abs 75° downstream									
2016–1	0.1	1108.0	158.5	238.0	2.9	25.0	92.9	N.D	51.7
2016–2	0.1	324.0	202.8	249.0	2.0	99.0	67.2	N.D	62.4
2017–1	0.3	262.0	178.0	33.0	27.4	227.0	64.7	N.D	50.3
2017–2	0.3	410.0	207.0	180.0	5.2	25.0	42.6	N.D	63.8
2018–1	0.5	352.0	236.0	286.0	31.9	45.9	45.9	60.1	49.7
2018–2	0.4	413.0	260.0	280.0	11.9	11.9	38.9	62.4	48.0
2019–1	0.5	585.0	470.0	462.0	11.7	45.8	72.5	118.0	63.2
2019–2	0.5	395.0	342.0	422.0	8.1	50.0	65.7	60.9	45.5
2020–1	0.2	305.0	201.0	214.0	5.2	50.0	78.8	49.2	43.4
2020–2	0.5	370.0	233.0	199.0	5.4	50.0	78.6	60.1	50.5
2021–1	0.4	466.0	370.0	354.0	7.5	65.2	53.5	68.6	52.8
2021–2	0.5	333.0	259.0	194.0	8.7	50.0	65.4	60.8	156.0
2022–1	0.2	314.0	246.0	210.0	4.6	50.0	66.1	63.0	53.0
2022–2	0.2	264.0	178.0	180.0	16.0	50.0	69.2	61.4	54.7
2023–1	0.6	840.0	587.0	750.0	2.0	117.0	88.0	73.2	55.1
Max	0.6	1108.0	587.0	750.0	31.9	227.0	92.9	118.0	156.0
Min	0.1	262.0	158.5	33.0	2.0	11.9	38.9	49.2	43.4
Average	0.4	449.4	275.2	283.4	10.0	64.1	66.0	67.1	60.0
Standard deviation	0.2	233.7	119.9	166.1	8.9	52.2	15.6	17.9	27.2

Table 5 Results of physicochemical parameters measured in the laboratory

Physicochemical and microbiological analyses of the Magdalena River estuarine system reveal a marked sensitivity to anthropogenic pressures and seasonal hydrological fluctuations. The TSS concentrations (Table 5) ranged from 152.3 to 634.0 ± 130 mg l^{-1} in P1, and from 158.5 to 587.0 ± 119.9 mg l^{-1} in P2, with averages of 288.4 mg l^{-1} and 275.2 mg l^{-1}, respectively. According to Conagua (2023; 2015), these values correspond to a "contaminated" quality, with events reaching "heavily contaminated" levels (> 400 mg l^{-1}). The two-way ANOVA confirmed that the "year"

Table 6 Results chemical parameters measured

Year	FO (mg l^{-1})	Anionic surfactants (mg SAAM l^{-1})	Phenols (mg l^{-1})	Sulfates (mg SO_4^{2-} l^{-1})	Nitrates (mg N-NO_3-l^{-1})	Nitrites (mg N-NO_2- l^{-1})	Total phosphorus (mg P l^{-1})
P1: Abs 25° upstream							
2016–1	11.0	0.108	0.016	21.3	0.023	3.78	0.86
2016–2	3.0	0.050	0.03	23.5	1.730	0.023	0.23
2017–1	12.4	0.160	0.15	26.8	0.800	0.021	0.66
2017–2	10.0	0.050	0.15	63.1	0.500	0.05	0.27
2018–1	10.0	0.050	0.15	13.4	0.500	0.01	0.451
2018–2	29.9	0.100	0.15	18.7	0.500	0.01	0.204
2019–1	10.0	0.100	0.15	23.0	0.500	0.01	0.159
2019–2	10.0	0.100	0.15	17.0	0.590	0.01	0.255
2020–1	10.0	0.100	0.15	22.7	0.500	0.01	0.411
2020–2	10.0	0.100	0.15	10.0	0.500	0.01	0.403
2021–1	10.0	0.100	0.15	10.0	0.500	0.01	0.357
2021–2	10.0	0.100	0.15	10.0	0.500	0.01	0.206
2022–1	10.0	0.100	0.15	10.0	0.500	0.01	0.237
2022–2	10.0	0.100	0.15	14.1	0.500	0.5	0.371
2023–1	10.0	0.100	0.15	20.1	0.500	0.05	0.886
Max	29.9	0.160	0.15	63.1	1.730	3.78	0.886
Min	3.0	0.050	0.0	10.0	0.023	0.01	0.159
Average	11.1	0.095	0.1	20.2	0.576	0.30	0.397
Standard deviation	5.6	0.028	0.0	13.2	0.354	0.97	0.231
Abs 75° downstream							
2016–1	11.0	0.080	0.016	48.4	0.023	3.95	0.24
2016–2	3.0	0.050	0.03	22.1	1.500	0.023	0.23
2017–1	42.8	0.130	0.15	18.1	0.800	0.01	0.46
2017–2	10.0	0.050	0.15	65.6	0.500	0.043	0.29
2018–1	10.0	0.050	0.15	14.5	0.500	0.01	0.26
2018–2	17.4	0.100	0.15	16.9	0.500	0.01	0.19
2019–1	10.0	0.100	0.15	20.8	0.500	0.01	0.547
2019–2	10.0	0.100	0.15	18.0	0.520	0.01	0.284
2020–1	11.6	0.100	0.15	22.0	0.579	0.01	0.337
2020–2	10.0	0.100	0.15	10.0	0.500	0.01	0.174
2021–1	10.0	0.100	0.15	10.0	0.500	0.01	0.47
2021–2	10.0	0.100	0.15	10.0	0.500	0.01	0.214
2022–1	10.0	0.100	0.15	10.0	0.500	0.01	0.35
2022–2	10.0	0.100	0.15	12.5	0.500	0.5	0.322
2023–1	10.0	0.100	0.15	20.7	0.500	0.05	0.845
Max	42.8	0.130	0.15	65.6	1.500	3.95	0.845
Min	3.0	0.050	0.016	10.0	0.023	0.01	0.174
Average	12.4	0.091	0.1331	21.3	0.561	0.31	0.348
Standard deviation	8.9	0.023	0.0448	15.5	0.301	1.01	0.175

Table 6 Results chemical parameters measured

factor had a highly significant effect ($p < 0.0001$), explaining 93.26% of the variability, while the “sampling point” factor was not significant ($p = 0.4371$), demonstrating that the observed variations are primarily due to temporal causes.

Between 2019 and 2020, a decrease in TSS levels was observed, attributed to the reduction in industrial and river activities during the COVID-19 pandemic (Gallo-Velez et al. 2022). This dynamic was accompanied by a decrease in turbidity values and coincided with seasonal rainfall events and tributary inflows (Gallo-Velez et al. 2022). Sediment resuspension during periods of high flow, accentuated by deforestation in the upper basin, also explained the peaks in TSS and turbidity (Julio and Tamaris-Turizo, 2018; Torregroza-Espinosa et al. 2020). Suspended particles reduce

Table 7 Calculation of Water Quality Index (WQI). WQI: (yellow) regular, range 0.51 to 0.70; (orange) bad, range from 0.26 to 0.50

Year	PS_{OD}	I_{OD}	I_{TSS}	I_{COD}	I_{EC}	I_{pH}	I_{POS}	I_{TSS}	I_{COD}	I_{EC}	I_{pH}	WQI
P1: Water quality rating Abs 25° Upstream												
2016-1	87.35	-0.13	0.56	0.71	0.43	1	-0.03	0.11	0.14	0.09	0.20	0.52
2016-2	66.44	0.66	0.36	0.13	0.60	1	0.13	0.07	0.03	0.12	0.20	0.55
2017-1	64.46	0.64	0.49	0.13	0.61	0.9	0.13	0.10	0.03	0.12	0.19	0.56
2017-2	43.17	0.43	0.44	0.71	0.59	1	0.09	0.09	0.14	0.12	0.20	0.63
2018-1	45.56	0.46	0.00	0.26	0.61	1	0.09	0.00	0.05	0.12	0.20	0.46
2018-2	47.02	0.47	0.24	0.91	0.61	1	0.09	0.05	0.18	0.12	0.20	0.65
2019-1	71.23	0.71	0.00	0.26	0.46	1	0.14	0.00	0.05	0.09	0.20	0.49
2019-2	63.74	0.64	0.09	0.26	0.62	1	0.13	0.02	0.05	0.12	0.20	0.52
2020-1	66.18	0.66	0.14	0.26	0.62	1	0.13	0.03	0.05	0.12	0.20	0.54
2020-2	83.39	0.83	0.50	0.26	0.62	1	0.17	0.10	0.05	0.12	0.20	0.64
2021-1	54.00	0.54	0.00	0.26	0.59	1	0.11	0.00	0.05	0.12	0.20	0.48
2021-2	70.95	0.71	0.32	0.26	0.60	1	0.14	0.06	0.05	0.12	0.20	0.58
2022-1	65.11	0.65	0.16	0.26	0.58	1	0.13	0.03	0.05	0.12	0.20	0.53
2022-2	81.85	0.82	0.34	0.26	0.59	1	0.16	0.07	0.05	0.12	0.20	0.60
2023-1	84.34	0.84	0.00	0.13	0.51	1	0.17	0.00	0.03	0.10	0.20	0.50
P2: Water quality rating Abs 75° Downstream												
2016-1	92.88	0.93	0.54	0.71	0.00	1	0.19	0.11	0.14	0.00	0.20	0.64
2016-2	67.23	0.67	0.41	0.13	0.60	1	0.13	0.08	0.03	0.12	0.20	0.56
2017-1	64.72	0.65	0.49	0.13	0.61	1	0.13	0.10	0.03	0.12	0.20	0.57
2017-2	42.59	0.43	0.40	0.71	0.55	1	0.09	0.08	0.14	0.11	0.20	0.62
2018-1	45.90	0.46	0.31	0.26	0.61	1	0.09	0.06	0.05	0.12	0.20	0.53
2018-2	38.94	0.39	0.24	0.91	0.61	1	0.08	0.05	0.18	0.12	0.20	0.63
2019-1	72.46	0.72	0.00	0.26	0.46	1	0.14	0.00	0.05	0.09	0.20	0.49
2019-2	65.68	0.66	0.00	0.26	0.61	1	0.13	0.00	0.05	0.12	0.20	0.50
2020-1	78.82	0.79	0.42	0.26	0.63	1	0.16	0.08	0.05	0.13	0.20	0.62
2020-2	78.62	0.79	0.32	0.26	0.42	1	0.16	0.06	0.05	0.08	0.20	0.56
2021-1	53.54	0.54	0.00	0.26	0.59	1	0.11	0.00	0.05	0.12	0.20	0.48
2021-2	65.38	0.65	0.24	0.26	0.61	1	0.13	0.05	0.05	0.12	0.20	0.55
2022-1	66.13	0.66	0.28	0.26	0.56	1	0.13	0.06	0.05	0.11	0.20	0.55
2022-2	69.17	0.69	0.49	0.26	0.60	1	0.14	0.10	0.05	0.12	0.20	0.61
2023-1	87.96	0.88	0.00	0.13	0.51	1	0.18	0.00	0.03	0.10	0.20	0.50

Table 7 Calculation of Water Quality Index (WQI). WQI: (yellow) regular, range 0.51 to 0.70; (orange) bad, range from 0.26 to 0.50

light penetration and limit photosynthesis, affecting primary productivity and ecosystem balance (Da Silva et al. 2024).

The relationship between TSS peaks and organic pollution was evidenced by BOD_5 and COD values. During 2018–1, BOD_5 concentrations above 30 mg l^{-1} were recorded, and COD values above 200 mg l^{-1} in 2017–1, associated with untreated urban and industrial discharges (Gaspar et al. 2025; Conagua 2023). These levels represent a direct threat to aquatic ecosystems, as they promote eutrophication and the loss of sensitive habitats such as mangroves (Da Silva et al. 2024; Gallo-Velez et al. 2022). 63.4% of the oxygen saturation data were below the 70% threshold recommended for aquatic life (Carrillo et al. 2010), reinforcing the hypothesis that high organic loads intensify biochemical oxygen demand, generating hypoxic conditions that affect biodiversity. Therefore, it is recommended to implement a bimonthly monitoring system with inter-institutional participation, as suggested by Julio and Tamaris-Turizo (2018).

Regarding the total hardness and alkalinity parameters, the values were consistent with a river system influenced by natural mineral inputs. Hardness ranged from 53.7 to 271.0 mg l^{-1} of $CaCO_3$ in P1, and from 49.2 to 118.0 mg l^{-1} in P2, reflecting moderate mineralization. Alkalinity was below the threshold of 200 mg l^{-1} (Resolution 2115 of 2007), indicating a limited buffering capacity against acidification processes, although the system maintains a balance thanks to its natural self-regulation (Montero-Murcia and Ramírez-Dalel 2018).

The results also indicate that TSS concentrations were generally higher upstream (P1), suggesting that the port environment does not contribute significantly to the suspended solids load. This reinforces the idea that the observed conditions reflect the natural and anthropogenic inputs of the basin. The Magdalena River transports approximately 30 million tons of dissolved matter to the Caribbean Sea annually, with coarse and medium silt particles predominating seasonally (Torregroza-Espinosa et al. 2020).

Among the main structural factors that intensify TSS and turbidity loads are poor solid waste management and deforestation. The municipalities in the study area generate more than 680,000 tons of solid waste annually, with high concentrations in the Barranquilla metropolitan area (Gallo-Velez et al. 2022). Furthermore, deforestation in the upper basin has generated more than 482 million tons of sediment in three decades, directly contributing to the deterioration of water quality (Restrepo et al. 2018). Julio and Tamaris-Turizo (2018) warn that these pressures increase the nutrient and solids load in the lower reaches of the river, accelerating eutrophication and ecological degradation.

The interaction between TSS, turbidity, BOD_5, COD, dissolved oxygen, and alkalinity suggests a synergistic cycle of environmental deterioration. High sediment and organic matter loads reduce the system's self-regulation capacity, affecting its resilience to disturbances. Loss of vegetation cover and low alkalinity exacerbate this situation by limiting the system's capacity.

The results presented in Table 6 and the statistical analysis using two-way ANOVA reveal key elements regarding water quality at sampling points P1 and P2 in the area of influence of the Port Society of Palermo. For the FO parameter, concentrations ranged from 3.0 to 29.9 ± 5.6 mg l^{-1} at P1, with an average of 11.1 mg l^{-1}, and from 3.0 to 42.8 ± 8.9 mg l^{-1} at P2, with an average of 13.2 mg l^{-1}. These values exceed the 10 mg l^{-1} limit established for discharge into surface water bodies or irrigation, and even far exceed the 2 mg l^{-1} threshold for human use, conservation of aquatic life, and recreational activities (Khwakaram 2016). Despite these

exceedances, the ANOVA analysis revealed no statistically significant differences between sites ($p = 0.5716$) or between sampling periods ($p = 0.1217$), indicating no relevant spatial or temporal effect on this parameter. This suggests that port activities in Palermo have not had a differential impact on FO concentrations, and that these are explained by diffuse sources along the river's course, such as untreated domestic wastewater, hydrocarbon spills, and waste from industry, agriculture, and tourism (Sun et al. 2019; Julio and Tamaris-Turizo 2018).

The AS content remained on average below the 0.2 mg l^{-1} threshold established for irrigation (Choque-Quispe et al. 2021), with values of 0.095 mg SAAM l^{-1} in P1 and 0.091 mg SAAM l^{-1} in P2. However, the literature indicates that concentrations above 0.1 mg l^{-1} can generate chronic toxicity in plants and induce bioaccumulation, affecting physiological processes such as photosynthesis and the permeability of cell membranes (Jiang et al. 2015; Ruman et al. 2017; Cowan-Ellsberry et al. 2014). For this reason, although the measured levels do not exceed regulatory limits, continuous monitoring is essential to avoid cumulative risks, also considering their potential for persistence in the food chain (Cantarero et al. 2012; Stuart et al. 2012). Restrepo et al. (2018) highlight that the low levels of SA in the Magdalena River are related to limited discharge of industrial surfactants, a situation that would be reflected in the observed values.

Phenols displayed particularly worrying behavior, with concentrations that exceeded the reference value of 0.05 mg l^{-1} recommended to preserve aquatic life (Government of British Columbia 2024). P1 reported an average of 0.133 mg l^{-1} and P2 0.113 mg l^{-1}. These compounds are known for their high toxicity and stability in the aquatic environment, derived from their aromatic structure (Ajiboye et al. 2021; Kavian et al. 2024). Phenols can originate from the decomposition of aquatic vegetation or from anthropogenic sources such as discharges from the pharmaceutical and petrochemical industries. In this case, it is reasonable to assume that the sources are associated with the accumulation of pollutants from upstream sectors of the river, without direct responsibility being attributed to the Port of Palermo (Julio and Tamaris-Turizo 2018; Da Silva et al. 2024).

Regarding sulfates, the average values in P1 and P2 were 20.2 and 23.4 mg SO_4^{2-} l^{-1}, respectively, falling within the range of very soft waters according to the Government of British Columbia classification (2024). These values do not pose an immediate risk to human consumption or agricultural use, being well below the 250 mg l^{-1} limit established by Colombian regulations (Resolution 2115 of 2007). However, they do suggest that the waters of the Magdalena River in this area have a low hardness, a characteristic that can influence the mobility and solubility of other contaminants.

Nitrates and nitrites generally remained within permissible ranges. In P1, nitrates ranged from 0.023 µg $N–NO_3^-$ l^{-1} to 1.73 µg l^{-1}, while in P2, the values were similar, with an overall average of around 0.56 µg l^{-1}. Except for the peaks detected in 2016–2, these results are at the quantification limit of the method, suggesting low diffuse contributions, probably associated with agricultural runoff or settlements without sewage systems (Gallo-Vélez et al. 2022). Similarly, nitrites showed average values of 0.30 µg l^{-1} in P1 and 0.31 µg l^{-1} in P2, well below the threshold of 100 mg l^{-1} for livestock use (Blackman et al. 2006; Rodríguez-Rodríguez et al. 2018), which reinforces the perception of good sanitary quality of the water resource. Finally, total phosphorus showed averages of 0.397 mg P l^{-1} in P1 and 0.348 mg P l^{-1} in P2. Although there are no strictly defined limits for this nutrient, its role as a limiting element in eutrophication processes makes it a parameter.

The Spearman correlation analysis revealed statistically significant associations that provide insights into the environmental quality and dynamics at the two sampling points (Figs. 3 and 4). At P1 (Fig. 3), a strong positive correlation was observed between pH and EC (ρ = 0.72, p = 0.0036), suggesting that more alkaline conditions are associated with higher conductivity, likely due to increased ionic content. Additionally, temperature (T) showed a significant positive correlation with turbidity (ρ = 0.64, p = 0.012) and SST (ρ = 0.81, p < 0.001), indicating that higher water temperatures favor sediment resuspension.

Turbidity also correlated significantly with SS (ρ = 0.64, p = 0.0095) and ST (ρ = 0.63, p = 0.014), reinforcing its link with particulate matter. Suspended solids (SS) showed a strong positive correlation with SST (ρ = 0.66, p = 0.0073) and TH (ρ = 0.60, p = 0.0197), while being negatively associated with DO (ρ = − 0.47, p = 0.081) and sulfates (ρ = − 0.49, p = 0.063)—though these two were marginally significant.

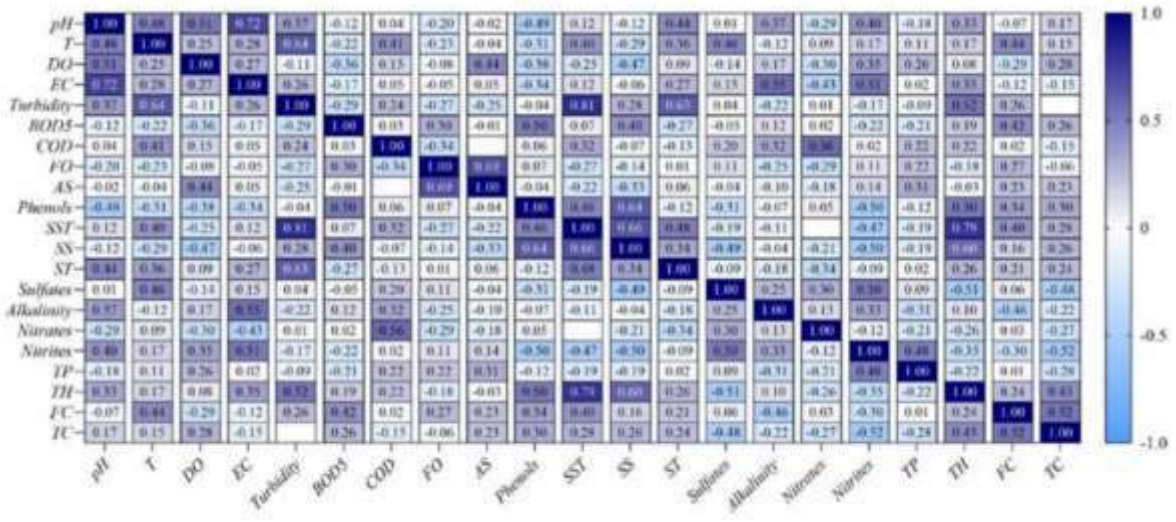


Fig. 3 Correlation coefficient between physicochemical and microbiological variables on the P1

Phenols exhibited a strong positive correlation with SS (ρ = 0.64, p = 0.0095) and SST (ρ = 0.46, p = 0.086), and a negative correlation with nitrites (ρ = − 0.50, p = 0.057), suggesting potential co-occurrence with particulate matter and inverse behavior with nitrogen species. Finally, fecal coliforms (FC) and total coliforms (TC) were significantly correlated (ρ = 0.52, p = 0.0479), reinforcing their joint utility as microbial indicators.

At P2 (Fig. 4), the number of statistically significant associations was lower but still revealed important patterns. A very strong positive correlation was identified between SST and turbidity (ρ = 0.73, p = 0.0026), consistent with sediment mobilization due to surface warming. SST also correlated with TH (ρ = 0.65, p = 0.011), reflecting potential temperature-driven mineral solubility. DO and EC showed a significant positive association (ρ = 0.52, p = 0.049), implying that dissolved oxygen levels may increase in mineral-rich conditions. ST and EC were also significantly correlated (ρ = 0.58, p = 0.026), suggesting thermal influences on conductivity.

A strong positive correlation was observed between phenols and SS (ρ = 0.61, p = 0.0095), suggesting that phenolic compounds are associated with particulate matter, potentially due to adsorption or shared sources. Alkalinity and FO were negatively correlated (ρ = − 0.58, p = 0.0243), indicating that buffering capacity may decrease as organic phosphorus increases. Likewise, nitrates and EC presented a strong negative correlation (ρ = − 0.61, p = 0.0154), which may reflect biological uptake or dilution in ion-rich waters.

Lastly, TP and TH had a borderline significant positive correlation (ρ = 0.51, p = 0.0546), suggesting a link between phosphorus and hardness, possibly due to agricultural or domestic runoff.

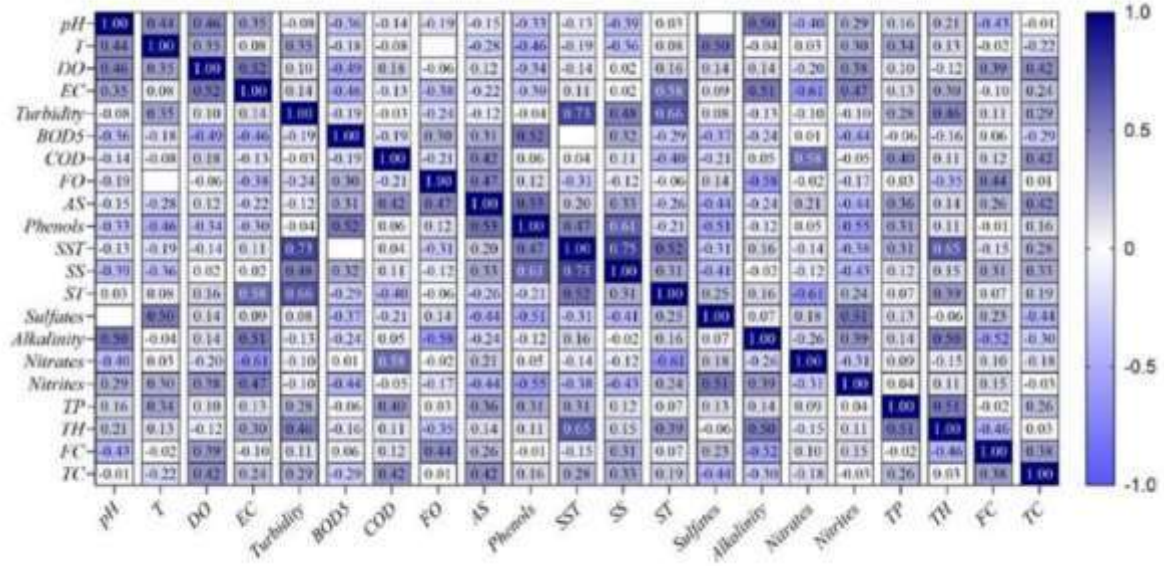


Fig. 4 Correlation coefficient between physicochemical and microbiological variables on the P2

Principal component analysis (PCA) applied to the physicochemical and microbiological variables assessed at points P1 and P2 of the water body during the period 2016–2023 identified the dominant patterns of variability in water quality. The PCA technique was implemented on the standardized data matrix, considering 21 environmental variables.

The first three principal components (PC1, PC2, and PC3) together explained 46.56% of the total system variance, with individual values of 19.03%, 16.26%, and 11.27%, respectively. This percentage is considered acceptable in multivariate studies with complex environmental matrices, where correlations between variables and the presence of multiple sources of contamination often distribute the variance across several components (Ha et al. 2024; Mishra et al. 2025).

Principal component 1 (PC1), which explains the largest percentage of variability (19.03%), showed high negative loadings on variables such as BOD_5, COD, FO, and AS. This suggests that PC1 represents an axis of anthropogenic impact due to organic and inorganic pollution, possibly associated with domestic wastewater

discharges or industrial effluents, as documented in water bodies subjected to urban-industrial stress (Mishra et al. 2025).

PC2, with an explained variance of 16.26%, showed a high positive loading on DO and moderate values on parameters such as pH and T, indicating that this axis could represent a gradient of natural physicochemical conditions, influenced by self-purification processes or seasonal hydrological variability (Ha et al. 2024). For its part, PC3 was dominated by high AS and COD loads, allowing it to be interpreted as an axis linked to episodes of point or acute pollution, possibly related to extreme events, torrential rains, or uncontrolled discharges.

The biplot (Fig. 5) shows a differentiation between sampling points P1 and P2, as well as between different years, indicating spatial and temporal changes in water quality. For example, the years 2018–2 and 2023–1 are projected further from the centroid in the direction of the FO, BOD_5, and COD vectors, suggesting higher pollution loads during these periods. This trend coincides with high records of total suspended solids (TSS) and fecal coliforms (FC), reinforcing the hypothesis of increased anthropogenic pressure during these intervals (León and Quintana Sepúlveda 2020).

These results support the classification of the water body's ecological status observed in other complementary analyses, such as the Surface Water Pollution Index (SWPI), and are consistent with similar studies conducted in tropical basins, where the SWPI has revealed a strong relationship between variables such as BOD_5, turbidity, and solids with diffuse and point sources of pollution (Mihali and Dippong 2023).

The combined interpretation of the SWPI and other indicators suggests that site P1 is more vulnerable, which could be related to its proximity to population centers or agricultural areas. In contrast, site P2 shows greater dispersion and could benefit from a greater dilution effect or less direct anthropogenic pressure. In terms of environmental management, the identified main components can serve as a basis for the design of composite indicators that simplify water quality monitoring. Furthermore, they can guide mitigation strategies, prioritize restoration measures, and establish early warnings for environmental deterioration events.

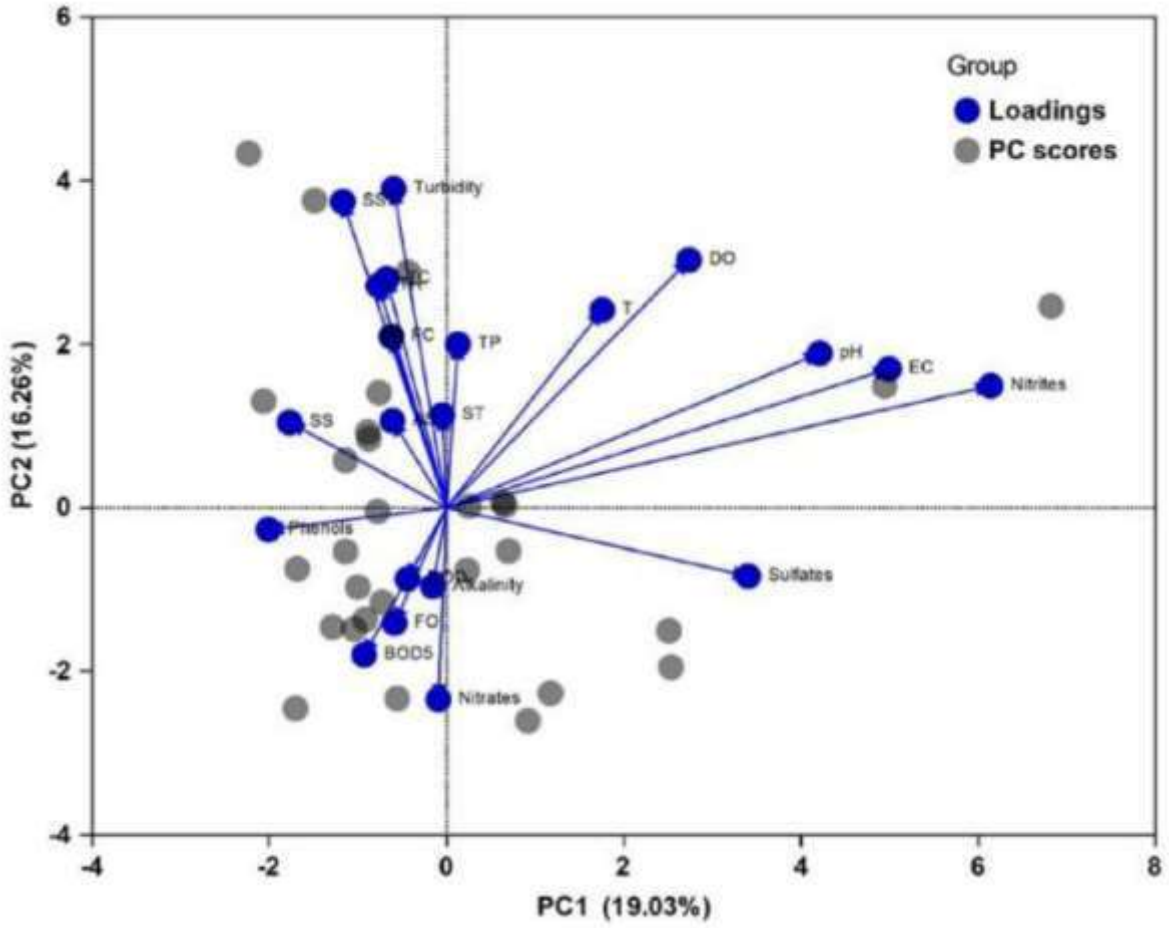


Fig. 5 Principal component analysis (PC1 vs. PC2) biplot showing the distribution of the sampling points and the contribution of the physicochemical and microbiological variables to the explained variance

Water quality index (WQI)

To generate periodic monitoring of the quality dynamics in the 2 monitoring points of the Magdalena River in the Palermo Sociedad Portuaria incidence section, a trend table is created to make a comparison in terms of quality since 2016–1 as evidenced in Table 7. The WQI results vary between 0.46 and 0.65 units.

It is evident that 80% of the monitoring points prevent regular quality (Table 7). There is a decrease in quality in the periods from 2017–2 to 2018–1 in P1, from 2018–2 to 2019–1 in P1 and P2, from 2020–2 to 2021–1 in P1 and P2, and from 2022–2 to 2023–1 in P1 (Table 7). These results were possibly recorded due to agricultural activities in the previous area of the port society's incidence section, inflows from tributaries receiving discharges from the rural area of the Palermo district, and domestic and non-domestic discharges from the urban area of Sitionuevo. It is necessary to highlight that the quality descriptor for the tributaries of this section is regular in most of the periods analyzed (Gallo-Velez et al. 2022).

Similar results were reported by Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA 2022) who found WQI values of around 0.65 points categorized as regular. In this same study, various bodies of water that feed the Magdalena River were also monitored, showing that 67.44% of the monitoring points had a regular quality, 23.26% of the points presented an acceptable quality, 4.65% good, and the remaining 4.65% poor quality.

This research aligns with previous works (Naubi et al. 2016; Briciu et al. 2020; Hasan et al. 2020; Ewaid and Abed 2017), confirming the decrease in water quality downstream compared to upstream, evaluated using the WQI. The spatial variability of the WQI reflects similar findings, as in the study by Briciu et al. (2020), where a modified additive WQI was used in the city of Suceava, Romania, observing a decline in water quality downstream due to urban and industrial discharges. Hasan et al. (2020) also observed lower quality downstream in the Dhaleshwari River, Bangladesh, attributable to effluents from an industrial treatment plant. Similarly, Naubi et al. (2016) demonstrated a gradual decrease in water quality in the Skudai basin, Malaysia, associated with agricultural activities and economic development. Ewaid and Abed (2017) evidenced the low quality of water in the Al-Gharraf River, Iraq, probably influenced by natural phenomena and human activities, such as domestic wastewater discharges, corroborating the results of the present study.

Additionally, Restrepo et al. (2018) reported comparable WQI trends in the lower Magdalena, with regular to poor quality linked to high fecal coliform loads (1.78×10^{16} MPN day^{-1}) and BOD_5 (98.43 t day^{-1}) from agricultural and domestic discharges, reinforcing the impact of untreated wastewater. Gallo-Velez et al. (2022) further confirmed regular to poor water quality in the Magdalena basin, driven by domestic and industrial discharges alongside deforestation, aligning with the observed quality decline in the Palermo section.

Tejeda-Benítez et al. (2023) found sediment toxicity in the Magdalena River due to organic contaminants, supporting the influence of agricultural and domestic sources on water quality degradation. Díaz-Casallas et al. (2019) reported similar WQI patterns in the Bogotá River, a Magdalena tributary, with poor to regular quality due to urbanization and industrial activities, consistent with the Palermo findings.

Gallo-Corredor et al. (2021) highlighted the impact of artisanal gold mining on the Suárez River, another Magdalena tributary, contributing to low WQI values through heavy metals and organic matter, suggesting potential nondomestic influences in the Palermo section. INVEMAR (2019) reported WQI values of 0.60–0.65 in the Ciénaga Grande de Santa Marta, connected to the Magdalena, reflecting regular quality due to nutrient and organic matter inputs, further validating the present study's findings.

Pollution index (ICOS)

The ICOS assessment (Table 8) revealed significant variations in water quality at sampling points P1 and P2 during the analyzed periods (2016 to 2023), indicating distinct water quality categories based on the established range. Fluctuations were observed that reflect changing environmental conditions and possible specific anthropogenic influences. High ICOS values at point P1 during the periods 2017-I (0.45), 2018-I (0.51), and 2019-I (0.51) are classified within the "Regular" water quality category, implying moderate pollution (yellow color). Possibly associated with intense seasonal events or uncontrolled point discharges, factors that typically increase

the concentration of surface pollutants (Mishra et al. 2025; Kumar et al. 2024). However, the trend toward lower values in recent years, such as in 2021-II (0.22, “Good” quality) and 2022-II (0.27, “Good” quality), could indicate the effectiveness of the environmental management policies and restoration strategies implemented in the watershed in recent years (Ha et al. 2024).

Point P2 showed considerably high values, particularly in 2017-I (0.56, “Fair” quality) and 2019-II (0.64, “Poor” quality), indicating significant environmental stress, possibly due to the proximity of industrial or agricultural activities, which have been identified as critical factors in the alteration of water bodies (Kanungo et al. 2018). The recurrence of high ICOS values in P2 during these periods reflects persistent sources of pollution or a limited self-purification capacity of the water body at this specific site (Ha et al. 2024).

This classification is consistent with the high levels of FC, TP, and BOD_5 recorded, which reflect persistent anthropogenic pressures, especially from untreated domestic wastewater discharges and agricultural runoff. In comparison, recent studies in Latin American water bodies have reported similar values: for example, Gallo-Velez et al. (2022) identified ICOS values between 0.48 and 0.61 in tributaries of

Table 8 ICOS for P1 and P2 point

Period	ICOS P1	Color	ICOS P2	Color
2016-I	0.141		0.245	
2016-II	0.201		0.180	
2017-I	0.452		0.557	
2017-II	0.200		0.167	
2018-I	0.507		0.398	
2018-II	0.257		0.241	
2019-I	0.506		0.306	
2019-II	0.474		0.637	
2020-I	0.402		0.245	
2020-II	0.168		0.259	
2021-I	0.242		0.250	
2021-2	0.216		0.207	
2022-1	0.419		0.170	
2022-2	0.273		0.240	
2023-1	0.370		0.535	

Table 8 ICOS for P1 and P2 point

the Middle Magdalena River, while Da Silva et al. (2024) reported indices as high as 0.66 in estuarine areas with a strong urban influence. In contrast, better-preserved systems, such as those evaluated by Mihali and Dippong (2023), in protected regions of Romania, presented ICOS values below 0.3, highlighting the impact of land use and management practices on water quality. Furthermore, studies using machine learning-based predictive models highlight the usefulness of ICOS as a robust tool for anticipating variations in water quality under different climate and land-use scenarios (Ejaz et al. 2024; Fernández et al. 2003). In this context,

integrating ICOS as a key indicator not only provides a synthetic representation of water resource status but also guides targeted intervention strategies at pollution hotspots.

Comparisons between the two hotspots consistently reveal higher values at P2, which could be related to differences in surrounding land use or local human activities. These results highlight the need for more targeted studies to identify and manage point sources of pollution at this hotspot. Furthermore, the increase observed in the last evaluated period (2023-I, ICOS 0.54, “Fair” quality) underscores the importance of continuous monitoring to identify emerging fluctuations.

Taken together, these findings support the implementation of comprehensive environmental monitoring and control systems that allow for detailed spatial and temporal analyses, with the goal of protecting and restoring water quality in significantly affected areas (Kanungo et al. 2018; Mishra et al. 2025). This information is essential not only for environmental public policy decisions but also for achieving sustainable development goals related to the protection of water resources (UN 2015).

Suspended solids contamination index (ICOSUS)

Figure 6 outlines the Suspended Solids Pollution Index (ICOSUS) values for two monitoring points, P1 and P2, across 15 monitoring periods in the Magdalena River. At P1, the ICOSUS index exhibited moderate contamination levels during 2016–1, 2017–1, 2017–2, and 2020–2, high contamination levels during 2016–2 and 2018–2, and very high levels in 2018–1, 2019–1, 2019–2, 2020–1, 2021–1, 2022–1, and 2023–1. Notably, 85% of the evaluated data for P1, indicating very high contamination by suspended solids (SS), occurred during the wet season with rainfall, leading to increased water flow and enhanced solid particle transport. These findings underscore the seasonal impact on suspended solids dynamics and highlight the need for targeted management strategies during periods of increased river discharge.

These results are consistent with findings from other studies. The Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA 2021) reported ICOSUS values ranging from 0.672 to 1.000 at sampling points in the Magdalena River, classified as high to very high contamination, aligning with the trends observed at P1. Similarly, Restrepo et al. (2018) analyzed sediment transport in the Magdalena River from 1990 to 2010 and found that high suspended sediment loads correlate with increased rainfall and land-use changes, particularly agricultural expansion, supporting the observed prevalence of very high ICOSUS values during wet seasons. Torregroza-Espinosa et al. (2020) noted elevated suspended sediment concentrations in the Magdalena River delta during high-flow periods, driven by agricultural runoff and erosion, which mirrors the seasonal ICOSUS trends at P1.

Comparative analysis with other rivers reveals similar patterns. Díaz-Casallas et al. (2019) observed increased suspended solids in the Bogotá River, a Magdalena tributary, during rainy seasons due to urban and agricultural discharges, highlighting the role of anthropogenic activities in exacerbating contamination. Gallo-Corredor et al. (2021) reported high suspended solids in the Suárez River, another Magdalena tributary, linked to artisanal gold mining during wet seasons, suggesting that non-domestic sources like mining may also influence ICOSUS values in the Palermo section. Additionally, Virdis et al. (2022) demonstrated that satellite-

based monitoring, such as Sentinel-2, effectively captures seasonal variations in suspended solids, reinforcing the correlation between rainfall and particle transport in rivers like Magdalena.

The P1 point exhibits a gradual pollution index trend over the analyzed years, with moderate values from 2016–1 to 2017–1, escalating to high levels from 2017–2 to 2018–2, and further intensifying to very high levels in 2019–1 and 2019–2. Subsequently, the pollution index shows variable patterns, fluctuating between moderate, high, and very high levels. This temporal trend aligns with Gallo-Velez et al. (2022), who noted that anthropogenic factors, such as deforestation and agricultural expansion, increase sediment loads in the Magdalena basin, explaining the observed ICOSUS escalation. INVEMAR (2019) reported high turbidity and suspended solids in the Ciénaga Grande de Santa Marta, connected to the Magdalena, during rainy seasons, further validating the correlation between ICOSUS and turbidity in this study.

Generally, the ICOSUS index ranges between 0.40 and 1.00 units, indicating moderate to very high levels of suspended solids contamination. This variation is attributed to monitoring periods conducted during rainy months (March, May, June, July, September, November, and December), when increased water flow enhances solid particle transport. The behavior of the ICOSUS index is closely linked to the entrainment and resuspension of solids, influenced by the swift flow typical of large water bodies like the Magdalena River. During these periods, ICOSUS results progress from 1 to 0.4 units, transitioning from a very high index in 2019–1 to medium and high indices in 2020–2, as illustrated in Fig. 5. The ICOSUS index significantly correlates with turbidity concentrations, a relationship further supported by INVEMAR (2019), which noted high turbidity during wet seasons in the Magdalena system.

The observed decline in turbidity and ICOSUS values in 2020–2, influenced by reduced human activities during the COVID-19 pandemic, aligns with Gallo-Velez et al. (2022), who reported a similar reduction in suspended solids in the Magdalena basin during this period. This underscores the dynamic interplay between anthropogenic impacts and water quality. These findings emphasize the interdependence of the ICOSUS index and turbidity concentrations, providing valuable insights into the relationship between suspended solids and turbidity variations. Comparative evidence from Restrepo et al. (2018), Torregroza-Espinosa et al. (2020), and others highlights the consistent influence of rainfall, agricultural runoff, and land-use changes on suspended solids across the Magdalena and its tributaries, reinforcing the need for continuous monitoring and targeted mitigation strategies, particularly during high-flow periods.

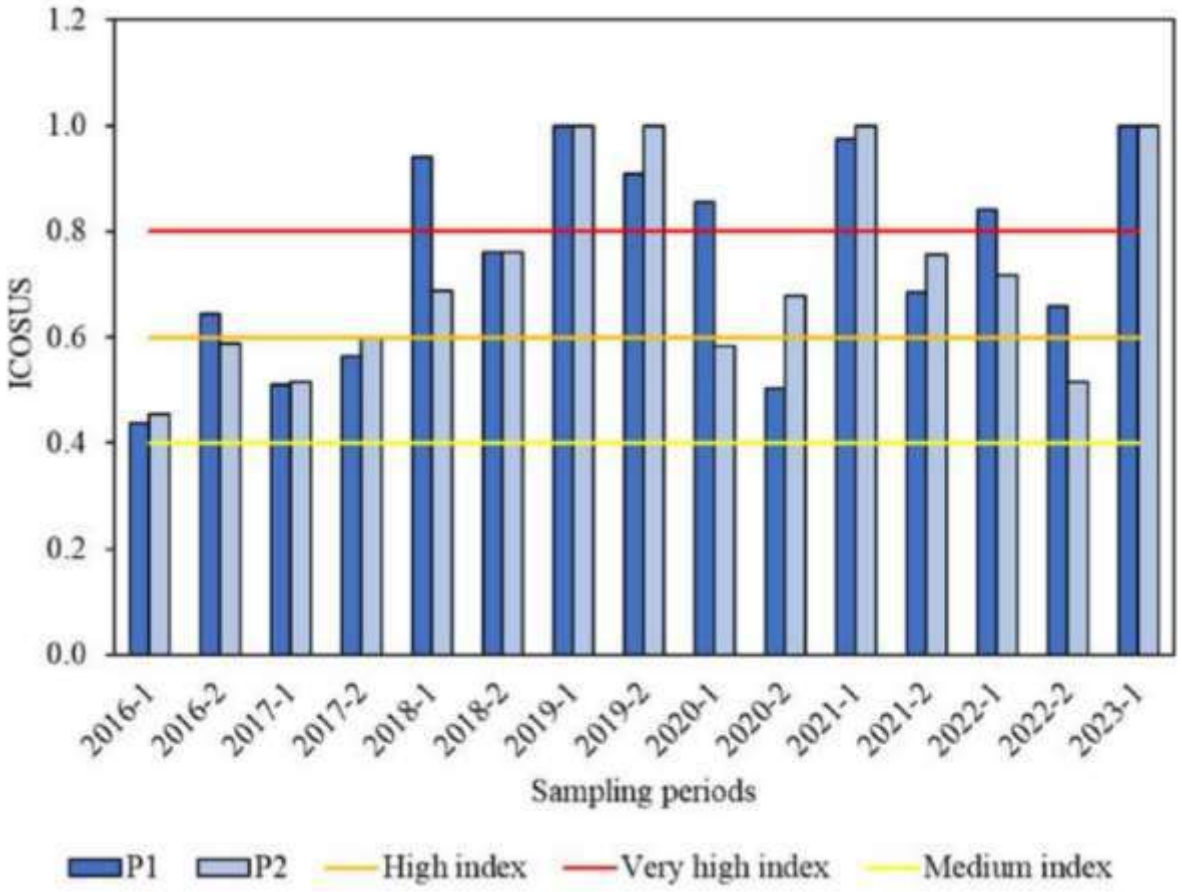


Fig. 6 Results of ICOSUS pollution index. (Blue line) none, range 0.0 to 0.2; (green line) low, range 0.2 to 0.4; (yellow line) medium, range 0.4 to 0.6; (orange line) high, range from 0.6 to 0.8; (red line) very high, range 0.8 to 1.0

Mineralization pollution index (ICOMI)

The ICOMI, which integrates conductivity, hardness (calcium and magnesium concentrations), and alkalinity, was calculated to assess the degree of mineralization contamination in the Magdalena River near the Palermo Port Society. As shown in Fig. 7, out of 30 analyzed data points from 2016 to 2022, 74% (22 points) exhibited a "none" degree of contamination (ICOMI range 0.0–0.2, marked in blue), indicating negligible mineralization impact. Meanwhile, 20% (6 points) showed low contamination (ICOMI range 0.2–0.4, marked in green), observed in the 2021–1 and 2023–1 sampling periods. Two points from the 2019–1 period displayed a moderate contamination level (ICOMI = 0.5, range 0.4–0.6, marked in yellow), the highest recorded in the study.

The predominantly low ICOMI values suggest that mineral levels, such as calcium and magnesium, do not pose a significant contamination threat in the studied section of the Magdalena River. This is consistent with the region's geological context, where carbonate inputs from upstream sources are limited, as noted by Gallo-

Velez et al. (2022), who reported low alkalinity and hardness in the lower Magdalena River due to minimal limestone weathering in the basin.

The 2019–1 peak (May 2019) likely resulted from reduced river flow during a drier period within the typically wet season (April–June), concentrating dissolved solids (IDEAM 2022a, b). A comparative analysis of upstream (P1) and downstream (P2) stations revealed no significant differences in ICOMI values over the study period, indicating that port activities at Palermo Port Society do not contribute substantially to mineralization. This finding aligns with CRA (2022), which reported similarly low mineralization levels (ICOMI < 0.3) in a nearby section of the Magdalena River, attributing stability to the river's dilution capacity and minimal industrial discharges in the area.

Comparatively, Briciu et al. (2020) assessed mineralization in the Suceava River (Romania) and found higher ICOMI values (0.4–0.7), driven by agricultural runoff and industrial inputs, contrasting with the lower values in this study. Similarly, Ewaid and Abed (2017) reported elevated conductivity and hardness in the Al-Gharraf River (Iraq) due to upstream irrigation practices, highlighting that the Magdalena River's lower mineralization may reflect less intensive land use in the study area. These comparisons underscore the relatively unpolluted mineralization status of the Magdalena River near the port, though the 2019–1 peak suggests that seasonal fluctuations in rainfall and river flow can temporarily increase dissolved solid concentrations, warranting continued monitoring during drier periods (Torres-Bejarano et al. 2020). Such monitoring is crucial to ensure that future changes in land use or climate do not exacerbate mineralization levels, particularly in a tropical river system vulnerable to hydrological variability (Restrepo et al. 2018).

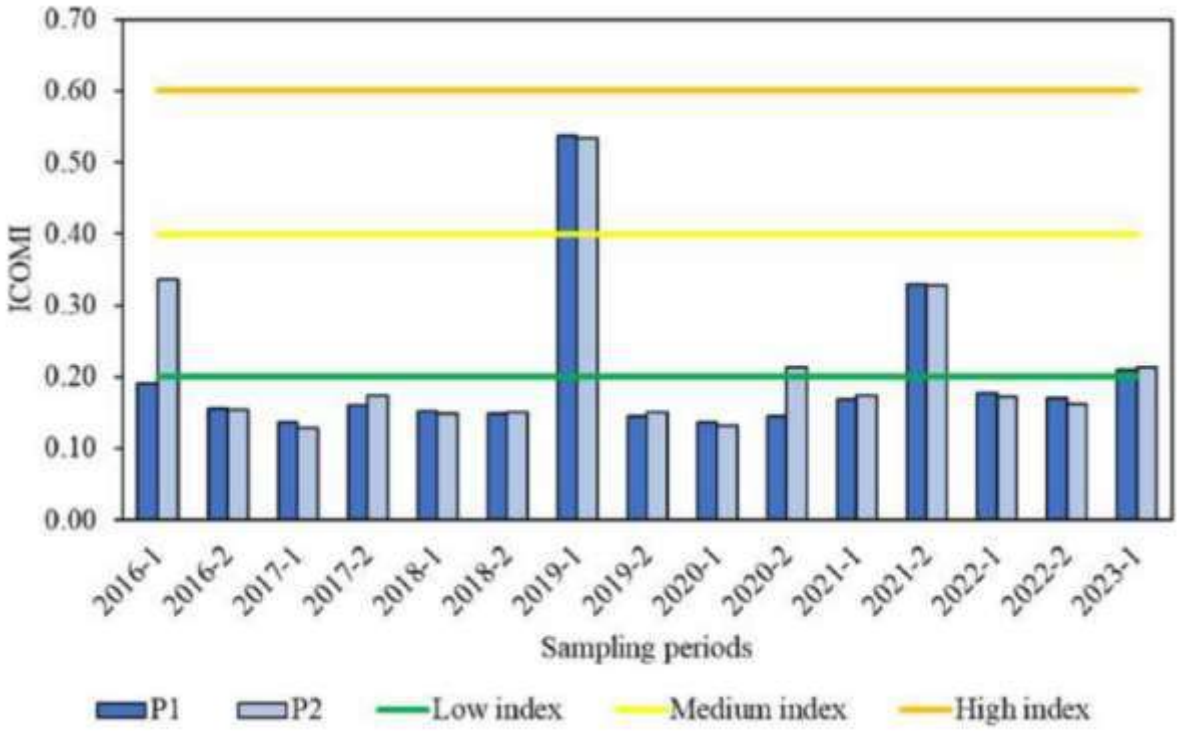


Fig. 7 ICOMI pollution index. (Blue line) none, range 0.0 to 0.2; (green line) low, range 0.2 to 0.4; (yellow line) medium, range 0.4 to 0.6; (orange line) high, range from 0.6 to 0.8; (red line) very high, range 0.8 to 1.0

Organic matter pollution index (ICOMO)

The ICOMO, calculated using BOD_5, TC, and percentage of oxygen saturation (POS), was employed to assess organic matter contamination in the Magdalena River near Palermo Port Society. As shown in Fig. 8, ICOMO values ranged from 0.16 to 0.62 units across the 2016–2022 study period, corresponding primarily to low (0.2–0.4, marked in green) and medium (0.4–0.6, marked in yellow) contamination levels.

A high contamination level (ICOMO = 0.62, range 0.6–0.8, marked in orange) was recorded during the 2018–1 period (April–June 2018), coinciding with the wet season when increased runoff likely transported organic matter from upstream sources (IDEAM 2022a, b). In contrast, CRA (2022) reported higher ICOMO values (0.638–0.850, high to very high contamination, range 0.6–1.0) in 2022 at monitoring points 3 km upstream of Palermo Port Society, near the Pumarejo bridge in Barranquilla, Colombia. These elevated values were attributed to industrial discharges from adjacent facilities, suggesting that the lower ICOMO values in the study area reflect minimal organic matter contributions from the port itself.

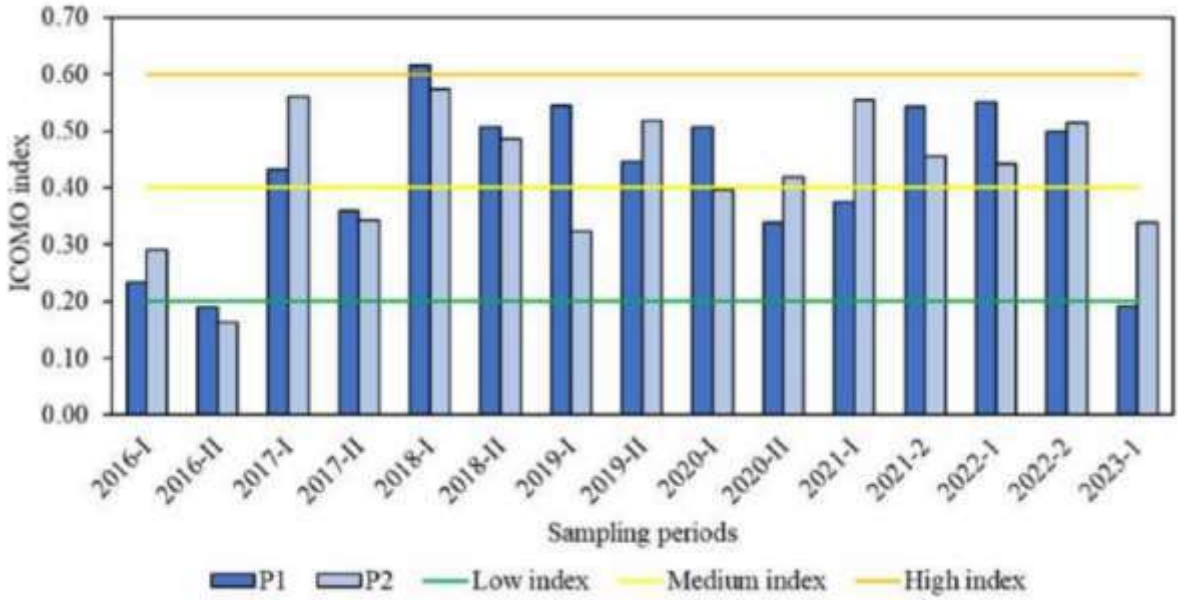


Fig. 8 Results of the ICOMO. (Blue line) none, range 0.0 to 0.2; (green line) low, range 0.2 to 0.4; (yellow line) medium, range 0.4 to 0.6; (orange line) high, range from 0.6 to 0.8; (red line) very high, range 0.8 to 1.0

The ICOMO results were driven primarily by BOD_5, which ranged from 2.0 to 36.4 mg l^{-1} (average 9.6 mg l^{-1}) at P1 and 2.0 to 31.9 mg l^{-1} (average 10.0 mg l^{-1}) at P2. The 2018–1 peak (BOD_5 = 36.4 mg l^{-1} at P1) likely resulted from untreated domestic wastewater discharges during heavy rainfall, a common issue in the Magdalena River basin (Gallo-Velez et al. 2022), which increases organic loads and oxygen demand. Comparatively, Ewaid and Abed (2017) reported higher BOD_5 levels (20–50 mg l^{-1}) in the Al-Gharraf River (Iraq), linked to urban and agricultural runoff, indicating that the Magdalena River near the port experiences relatively lower organic matter stress. However, the presence of organic pollutants, including domestic sewage, agricultural waste, and industrial chemicals such as oils, dyes, and pesticides, can still deplete DO, threatening aquatic ecosystems (Da Silva et al. 2024).

The TC concentrations, another ICOMO parameter, reached maximum values of 8130 MPN 100 ml^{-1} at P1 and 7620 MPN 100 ml^{-1} at P2, with peaks occurring during the wet seasons of 2019–2, 2020–1, 2020–2, 2021–2, 2022–1, and 2022–2. These elevated TC levels, exceeding the Colombian limit of 2000 MPN 100 ml^{-1} for secondary contact (MinSalud 1984), likely stem from increased runoff carrying fecal contamination from upstream urban areas, as noted by Julio and Tamaris-Turizo (2018), who linked high coliform counts in the Magdalena River to overwhelmed sewage infrastructure during rainy periods. In a similar tropical context, Hasan et al. (2020) reported TC values of 5000–10,000 MPN 100 ml^{-1} in the Dhaleshwari River (Bangladesh), attributing them to untreated sewage discharges, which aligns with the findings in this study. High coliform levels pose significant health risks, as highlighted by the World Health Organization (2022), which estimates that 829,000 annual deaths globally are linked to diseases from unsafe water and poor hygiene.

The ICOMO results underscore the need for ongoing efforts to reduce organic matter inputs upstream of the port, particularly during wet seasons when runoff exacerbates contamination. Although ICOMO values in the study area are generally low to medium, the TC levels indicate a persistent microbiological risk that could further deplete oxygen levels, impacting aquatic flora and fauna (Torregroza-Espinosa et al. 2020). Strategies such as improved wastewater treatment and runoff management, as suggested by Gallo-Velez et al. (2022) for the Magdalena River delta, are essential to mitigate these risks and ensure the long-term health of the river ecosystem near the port.

Trophy contamination index (ICOTRO)

The ICOTRO was calculated using TP concentrations at stations P1 and P2 (Table 6) to assess the trophic state of the Magdalena River near Palermo Port Society. ICOTRO categories are defined as follows: oligotrophic (TP < 0.01 mg l^{-1}, marked in blue), mesotrophic (TP: 0.01–0.02 mg l^{-1}, marked in green), eutrophic (TP: 0.02–1.00 mg l^{-1}, marked in yellow), and hypereutrophic (TP > 1.00 mg l^{-1}, marked in red). Oligotrophic ecosystems are characterized by clear water, low phytoplankton biomass, and minimal nutrient levels, while mesotrophic systems show intermediate productivity supporting diverse aquatic life. Eutrophic systems, conversely, exhibit high nutrient concentrations, increased phytoplankton biomass, and reduced water transparency, often leading to ecological degradation (Torregroza-Espinosa et al. 2021).

Across all sampling periods from 2016 to 2022, ICOTRO results indicated eutrophic conditions, with TP concentrations ranging from 0.050 to 0.160 mg l^{-1} at P1 (average 0.095 mg l^{-1}) and 0.050 to 0.130 mg l^{-1} at P2 (average 0.091 mg l^{-1}), as reported in Table 6. These levels suggest a nutrient-rich environment, likely driven by diffuse sources such as agricultural runoff from municipalities like Pueblo Viejo and Sitio Nuevo, where over 75% of the land experiences erosion due to intensive agriculture and livestock activities. This finding aligns with IDEAM, MADS, and UDCA (2018), which identified significant nutrient inputs from agricultural areas in the Magdalena River basin, exacerbated by runoff carrying fertilizers from regions with inadequate sewage infrastructure. Additionally, minor contributions from atmospheric deposition of fertilizer residues near port terminals may play a role (Gallo-Velez et al. 2022).

In contrast, Torregroza-Espinosa et al. (2021) evaluated the Carlson trophic state index at the Magdalena River mouth (Bocas de Ceniza) from 2003 to 2017, reporting predominantly mesotrophic to oligomesotrophic conditions, with ultra-oligotrophic states observed in April 2004, February 2004, and February 2005, and mesotrophic conditions in May 2003 and July 2009. The Caribbean Sea, adjacent to the river mouth, remained oligotrophic to oligomesotrophic throughout the period, reflecting dilution by marine waters. The more eutrophic conditions in the current study area, located upstream of Bocas de Ceniza, likely result from longer water residence times that allow nutrient accumulation and algal growth, whereas faster flushing at the river mouth dilutes nutrient concentrations and inhibits proliferation (Restrepo et al. 2018). Comparatively, Hasan et al. (2020) reported eutrophic conditions in the Dhalesh-wari River (Bangladesh), with TP levels of 0.1–0.5 mg l^{-1}, driven by agricultural runoff and untreated sewage, like the sources identified in this study. In another tropical context, Ewaid and Abed (2017) found hypereutrophic conditions in the Al-Gharraf River (Iraq), with TP

exceeding 1.5 mg l^{-1}, highlighting that the Magdalena River's eutrophic state, while concerning, is less severe than in heavily polluted systems.

The TP concentrations in this study (0.050–0.160 mg l^{-1}) exceed the threshold for eutrophication risk (> 0.02 mg l^{-1}) recommended by the United Nations Environment Programme (UNEP 2020), indicating a potential for ecological impacts. Eutrophication can lead to algal blooms and macrophyte proliferation, reducing light penetration and increasing oxygen demand as organic matter decomposes, ultimately degrading water quality and threatening aquatic life (Torregroza-Espinosa et al. 2020).

In the Magdalena River, such conditions could exacerbate existing stressors like turbidity and organic matter loads, potentially affecting biodiversity in downstream ecosystems such as the Ciénaga Grande de Santa Marta (Da Silva et al. 2024). While current TP levels are within the eutrophic range, proactive measures are essential to prevent progression to hypereutrophic conditions, particularly given the region's vulnerability to land-use changes and climate-driven hydrological shifts (Restrepo et al. 2018). Strategies such as reducing fertilizer runoff through sustainable agricultural practices and enhancing sewage treatment in upstream municipalities, as recommended by Gallo-Velez et al. (2022), could help mitigate nutrient inputs and maintain the river's ecological balance.

pH pollution index (ICOpH)

The pH Pollution Index (ICOpH), which measures deviations from a neutral pH of 7 to assessing potential contamination, was calculated for the Magdalena River near Palermo Port Society. As shown in Table 9, ICOpH values ranged from 0.01 to 0.18 across the 2016–2022 study period, consistently below the threshold of 0.2, indicating no contamination (Ramírez et al. 1999). This corresponds to pH measurements of 6.9 to 8.0 at both P1 and P2, which fall within the permissible range of 6.0–9.0 for the preservation of aquatic life in warm freshwater and estuarine environments, as stipulated by Colombian regulations (MinSalud 1984). These results suggest that neither the port operations nor the surrounding sector significantly impact the pH of the Magdalena River in the studied section. The river's pH stability is likely supported by its natural buffering capacity, driven by bicarbonate and carbonate inputs from upstream sources, as noted by Ricaurte-Villota et al. (2024), who highlighted the Magdalena River's ability to mitigate acidification despite anthropogenic pressures.

A similar lack of pH contamination was reported by CRA (2022), which recorded ICOpH values below 0.029 in a section of the Magdalena River 3 km upstream of the study area, near the Pumarejo Bridge in Barranquilla. This consistency suggests that pH levels remain stable across this stretch of the river, likely due to minimal industrial discharges and the river's dilution capacity (Julio and Tamaris-Turizo 2018). Comparatively, Hasan et al. (2020) found pH values of 6.8–7.5 in the Dhaleshwari River (Bangladesh), a tropical system similarly influenced by agricultural and urban runoff, with no significant pH contamination, aligning with the findings in this study. In contrast, Ewaid and Abed (2017) reported pH fluctuations (6.5–8.5) in the Al-Gharraf River (Iraq), occasionally exceeding desirable limits due to industrial effluents, highlighting that the Magdalena River benefits from fewer pH-altering inputs in the study area.

While the low ICOpH values indicate no immediate concern, continued monitoring is recommended to detect potential future changes, particularly given the region's vulnerability to land-use changes and climate variability, which can influence pH through altered runoff patterns or acidification risks (Restrepo et al. 2018). For instance, Torregroza-Espinosa et al. (2020) noted that increased organic matter inputs in the Magdalena River can lead to localized pH decreases through decomposition processes, underscoring the importance of vigilance. Regular pH monitoring, combined with inter-institutional efforts to manage upstream pollutant sources, will help ensure the long-term stability of the river's water quality near the port.

Table 9 ICOpH pollution index

Year	ICOpH P1	ICOpH P2
2016–1	0.030	0.023
2016–2	0.005	0.006
2017–1	0.001	0.001
2017–2	0.002	0.003
2018–1	0.003	0.002
2018–2	0.002	0.002
2019–1	0.012	0.014
2019–2	0.003	0.001
2020–1	0.001	0.007
2020–2	0.002	0.002
2021–1	0.002	0.005
2021–2	0.005	0.016
2022–1	0.004	0.027
2022–2	0.008	0.014
2023–1	0.005	0.003

Table 9 ICOpH pollution index

Pollution sources

The Magdalena Department faces significant water quality challenges due to diverse pollution sources, as outlined in Table 10, impacting the Magdalena River, Ciénaga Grande de Santa Marta, and Caribbean Sea. Key sources include direct wastewater discharges, inadequate solid waste management, and runoff from agricultural, livestock, industrial, port, and tourism activities (INVEMAR 2019, 2020). Agricultural runoff, particularly from municipalities like Pueblo Viejo and Sitio Nuevo, contributes sediments, nitrates, and phosphates, exacerbating nutrient loads and turbidity in the river (Gallo-Velez et al. 2022). Industrial and urban wastewater discharges, often untreated, introduce organic pollutants and fecal coliforms, with levels exceeding Colombian standards for human consumption such as FC up to 8130 MPN 100 ml^{-1} at P1, compared to a limit of 2000 MPN 100 ml^{-1} (MinSalud, 1984). However, water quality remains suitable for the protection of flora and fauna, as per Decree 1076 of 2015 (Julio and Tamaris-Turizo 2018).

Table 10 Productive activities, sources, and polluting waste affect the environmental quality of water in the department of Magdalena. Adapted from INVEMAR (2020)

Activity	Contaminant source	Contaminants	Receiver
Agricultural and livestock activities	Crops of corn, cassava, African palm, cocoa, coffee, banana, citrus, coconut, guava, lulo, mango, passion fruit, papaya, watermelon, banana, tree tomato, ahuyama, chili, eggplant, cabbage, melon, tomato, beans, yam, cotton, and cilantro	Pesticides, fertilizers, agrochemicals, animal waste, and microorganisms of fecal origin	Ciénaga Grande de Santa Marta, rivers of the department, Santa Marta Bay, and the Caribbean Sea
Maritime and port activity	Land transportation in the Ciénaga – Santa Marta corridor of coal and hydrocarbons and maritime transportation (handling, loading of coal and hydrocarbons)	Ballast and bilge water, coal waste, oily waste, and hydrocarbons	Caribbean Sea
Municipal waste	Untreated domestic wastewater discharges (submarine outfall in Santa Marta, Ciénaga oxidation lagoon, natural bodies of water, still towns)	Organic matter, microorganisms, suspended solids, fats and oils, hydrocarbons, heavy metals, nutrients, plastics, and microplastics, leachates	Caribbean Sea, Manzanares, Gaira, Guachaca, Buritaca, Ciénaga Grande de Santa Marta rivers
	Solid waste (ordinary and hazardous), open dumps, Pulangana and La María landfills		
	Cattle and poultry slaughterhouse in Santa Marta	Organic matter, microorganisms, suspended solids, fats, and oils	Manzanares River and Caribbean Sea
Other economic activities	Tourism (hotels, restaurants, recreational and coastline activities)	Solid waste, organic matter, sediments, microorganisms, solvents (PCB), suspended solids, sewage sludge, greases and oils, hydrocarbons, agrochemicals, heavy metals, detergents, and plastics	Manzanares, Gaira, Córdoba, Toribio, Buritaca, Don Diego, Guachaca, Piedras and Mendihuaca rivers, lagoon system of the Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribbean Sea
	Industry (food, manufacturing of non-metallic minerals, lubricants and petroleum derivatives, wood and construction, agriculture, chemicals, ports)		
	Services (service stations, automotive maintenance, mining and quarrying, electricity supply, telecommunications, transportation, chemicals, agriculture)		
	Commercial (tourism, food and beverages, automotive maintenance, electricity supply, health, ports, chemicals, agriculture)		

Table 10 Productive activities, sources, and polluting waste affect the environmental quality of water in the department of Magdalena. Adapted from INVEMAR (2020)

The Palermo Port Society, located within the Caribe port zone near Barranquilla, operates amidst these pollution sources, including industrial activities, shipping, and community runoff (Chen et al. 2023). Globally, similar challenges are observed: Bhagat et al. (2023) reported untreated wastewater discharges into rivers in Pakistan, while Lemessa et al. (2023) and Wang et al. (2022) noted that streams in industrialized regions often become open sewers. In a tropical context, Hasan et al. (2020) documented high organic loads (BOD5: 15–40 mg l^{-1}) in the Dhaleshwari River (Bangladesh) due to urban runoff, comparable to the Magdalena River's BOD_5

peak of 36.4 mg l^{-1} in 2018−1. These comparisons highlight the widespread issue of organic pollution in river systems, particularly in regions with dense populations and inadequate sanitation infrastructure.

Water bodies in the Magdalena Department are vital for ecological functions, cultural heritage, and economic activities, such as fishing and tourism. However, unchecked development, climate variability, and poor sanitation practices have degraded water quality in some areas (INVEMAR 2019). The Lancet Commission on Pollution and Health (Landrigan et al. 2018) identifies water pollution as a leading cause of global premature deaths, with organic and microbial contaminants posing significant risks. The United Nations' Sustainable Development Goal 6 aims to improve water quality by reducing chemical emissions and promoting recycling by 2030 (Weiland et al. 2021), a target that aligns with the needs of the Magdalena River basin.

Despite its proximity to pollution sources, Palermo Port Society implements rigorous environmental controls to mitigate impacts on the Magdalena River, as mandated by its Environmental License. For coke handling, tarps are installed between ships and docks to prevent solids from falling into the river, while barriers contain stacked materials during loading. Similar measures are applied to bulk cargo such as corn and soybeans, reducing organic matter inputs. Additional practices include regular dock cleaning, maintenance of box-culverts to manage rainwater runoff, and shoreline inspections to address unintended discharges. These strategies are comparable to those at other ports: Sharaan et al. (2022) described similar containment and monitoring practices at EL-Burullus port (Egypt), which effectively reduced sediment and organic pollution. In contrast, Zabihollah et al. (2020) noted that Bandar Abbas Port (Iran) struggled with organic pollution due to inadequate controls, underscoring the effectiveness of Palermo's proactive measures.

The primary pollution sources affecting the study area remain community wastewater and regional runoff, carrying high organic loads (Hamzeh et al. 2013). To address these, broader efforts are needed, including improved wastewater treatment and runoff management, as suggested by Gallo-Velez et al. (2022) for the Magdalena River delta. Regular monitoring, environmental awareness training for port personnel, and periodic dredging in contaminated areas are also critical (Patmont et al. 2018). Advanced tools, such as predictive models and artificial intelligence, can enhance these efforts by identifying risks and informing preventive measures (Islam et al. 2021; Ahmed et al. 2024), ensuring the long-term sustainability of water resources for ecosystem preservation, human well-being, and socioeconomic development (Brack et al. 2017; Mokarram et al. 2020).

Conclusion

This study provides a comprehensive assessment of the surface water quality of the Magdalena River in the influence area of the Port Society of Palermo (Colombia) between 2016 and 2023, using multiple pollution indices (WQI, ICOMI, ICOMO, ICOSUS, ICOTRO, ICOpH) and multivariate statistical techniques, including principal component analysis (PCA). The results reveal marked temporal variability, greater than spatial variability, highlighting critical periods of water quality deterioration coinciding with rainy seasons, increased agricultural activities, and the lack of adequate wastewater treatment.

Episodes of significant decline in water quality were identified during the periods 2017–2 to 2018–1, 2018–2 to 2019–1, 2020–2 to 2021–1, and 2022–2 to 2023–1, mainly at point P1. These findings reflect the system's vulnerability to anthropogenic pressures, especially from direct discharges, poor solid waste management practices, and diffuse entrainment from rural and industrial areas. Systematic monitoring demonstrates the mitigation efforts adopted by Sociedad Portuaria S.A., including environmental dredging practices, environmental education programs, and preventive discharge management.

The complementary use of the ICO indices and the PCA allowed for the decomposition of data complexity and the visualization of water quality gradients over time. The PCA identified components dominated by parameters such as BOD_5, COD, FO, and coliforms, highlighting the influence of biodegradable organic matter and associated contaminants. These results demonstrate the usefulness of multivariate tools for identifying sources of pollution and prioritizing interventions.

This study integrated a multitemporal approach with multiple indices and multivariate statistical inference to characterize a port river system in a tropical context, a type of analysis rarely addressed in the Colombian literature. A replicable methodology is proposed for other port environments, where environmental information remains limited.

Two important limitations are recognized: (i) the biannual sampling frequency, which limits the detection of specific or short-term seasonal events, and (ii) the limited spatial coverage of two monitoring stations. These limitations were partially offset by continuous monitoring for 7 years, multivariate analysis, and the inclusion of dry and wet periods.

For future research, it is recommended that the monitoring network be expanded to include more points and increased temporal frequency, as well as that advanced predictive modeling and artificial intelligence tools be integrated to anticipate risks and optimize environmental management. It is suggested that public policies on basic sanitation and sustainable agriculture be strengthened, with a territorial approach and community participation, to ensure the protection of the Magdalena River as a vital axis for biodiversity, riverside communities, and sustainable economic development.

Acknowledgements The authors thank the Palermo Port Society for providing the necessary support to carry out this research. The authors are also grateful to the Center for Studies and Research on Urban Mobility (NEPMOUR+S/ATITUS), Brazil; Fundação Meridional, Brazil; the Atlantic International Research Center (AIR Center) for granting a doctoral scholarship via the Foundation for Science and Technology in Portugal, and IB-S (Institute of Science And Innovation for Bio-Sustainability) UMinho, and the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq), Brazil. This work was supported by FCT—Fundação para a Ciência e Tecnologia, I.P. by project reference: PRT/BD/154704/2023 and identifier DOI: https://doi.org/https://doi.org/10.54499/PRT/BD/154704/2023.

Author contribution Liliana Centanaro Acuña, Juan Roberto de Jesus Rua Díaz, Ricardo Alfonso Roman Herazo, and Guilherme Peterle Schmitz: conceptualization, funding acquisition.

Andrea Liliana Moreno-Ríos and Claudete Gindri Ramos: final manuscript writing.

Alcindo Neckel, Caliane Christie Oliveira de Almeida Silva, and Grace Tibério Cardoso: review and editing.

Data availability This is not applicable.

Declarations

Ethical approval This is not applicable.

Consent to participate This is not applicable.

Consent to publish This is not applicable.

Competing interests The authors declare no competing interests.

References

Ahmed AA, Sayed S, Abdoulhalik A, Moutari S, Oyedele L, (2024) Applications of machine learning to water resources management: a review of present status and future opportunities. J Clean Prod 140715. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140715

Ajiboye TO, Oyewo OA, Onwudiwe DC (2021) Simultaneous removal of organic substances and heavy metals from industrial waste-water: a review. Chemosphere 262:128379. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128379

Andriamahefazafy M, Touron-Gardic G, March A, Hosch G, Palomares MLD, Failler P (2022) Sustainable development goal 14: to what degree have we achieved the 2020 targets for our oceans? Ocean Coast Manag 227:106273. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106273

Baird R, Bridgewater L (2017) Standard methods for the examination of water and wastewater, 23rd edn. American Public Health Association, Washington, DC

Bhagat SK, Pilario KE, Babalola OE, Tiyasha T, Yaqub M, Onu CE, Yaseen ZM (2023) Comprehensive review on machine learning methodologies for modeling dye removal processes in wastewater. J Clean Prod 385:135522. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135522

Bingmei G, Jiaguo L (2023) Port resilience analysis based on the HHM-FCM approach under COVID-19. Ocean Coast Manag 243:106741. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106741

Blackman A, Morgenstern R, Montealegre L, Murcia L, García J (2006) Review of the efficiency and effectiveness of Colombia's environmental policies. Report. https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=f8611267e91716a091dd2e65b1f681fdacbbb0d3. Accessed 28 May 2025

Brack W, Dulio V, Ågerstrand M, Allan I, Altenburger R, Brinkmann M, Vrana B (2017) Towards the review of the european union water framework directive: recommendations for more efficient assessment and management of chemical contamination in European surface water resources. Sci Total Environ 576:720–737. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.104

Briciu AE, Graur A, Oprea DI (2020) Water quality index of suceava river in suceava city metropolitan area. Water 12(8):2111. https://doi.org/10.3390/w12082111

Cai W.-J, Feely RA, Testa JM, Li M, Evans W, Alin SR Xu Y.-Y, Pelletier G, Ahmed A, Greeley DJ, Newton JA, Bednaršek N (2021) Natural and anthropogenic drivers of acidification in large estuaries. Ann Rev Mar Sci 13:23–55. https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010419-011004

Cantarero S, Prieto CA, López I (2012) Occurrence of high-tonnage anionic surfactants in Spanish sewage sludge. J Environ Manage 95:149–153. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.05.027

CAR (2010) Quality bulletin of the basins of the CAR jurisdiction. Regional Autonomous Corporation of Cundinamarca. https://www.car.gov.co/uploads/files/5ada3cc8b8754.pdf. Accessed 13 May 2025

Carrillo LD, Carvajal AS, Coto CJM, Salgado SV, Herrera NJ, Rojas CD, Benavidez C (2010) Variation of dissolved oxygen in the Burío-Quebrada Seca River, Heredia, Costa Rica, in the period 2005–2010. National University: Heredia. https://repositorio.una.ac.cr/items/57c05f8e-4701-4e9f-a233-9af7cbee577f/full. Accessed 19 May 2025

Chen CF, Lee SH, Ju YR, Chen CW, Dong CD (2023) Comprehensive assessment of metals and organic pollutants in pelagic fishing port sediments. Mar Pollut Bull 193:115119. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115119

Choque-Quispe D, Masco-Arriola ML, Ramos-Pacheco BS, Ligarda-Samanez CA, Solano-Reynoso AM, Choque-Quispe Y, Alonzo-Lanado JF (2021) Study of the pollution by surfactants in a river of a high Andean micro basin. Dyna 88(217):9–12. https://doi.org/10.15446/dyna.v88n217.90795

Conagua (2015) Surface water quality classification scales. National Water Commission. http://files.conagua.gob.mx/transparencia/CalidaddelAgua.pdf. Accessed 11 May 2025

Conagua (2023) Water quality in Mexico. National Water Commission. https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua. Accessed 13 May 2025

Coremar (2023) Palermo Sociedad Portuaria. https://palermosociedadportuaria.com/. Accessed 13 May 2025

Cortes-Henao J, Vallejo Mayorga J, Niño Garcia S (2020) Bulletin of the Water Quality Index - ICA. Regional Autonomous Corporation of Cundinamarca - CAR. https://www.car.gov.co/uploads/files/6091d145d1011.pdf. Accessed 13 May 2025

Cowan-Ellsberry C, Belanger S, Dorn P, Dyer S, McAvoy D, Sander-son H, Stanton K (2014) Environmental safety of the use of major surfactant classes in North America. Crit Rev Environ Sci Technol 44(17):1893–1993. https://doi.org/10.1080/10739149.2013.803777

CRA (2021) Technical report on characterization study of superficial water. https://www.crautonoma.gov.co/documentos/Monitoreos%20de%20calidad%20de%20agua/OT_5975_1_INFORME_ASUP_CRA.pdf. Accessed 28 May 2025

CRA (2022) Technical report on characterization study of superficial water. https://www.crautonoma.gov.co/documentos/Monitoreos%20de%20calidad%20de%20agua/OT%207517-1-2-16-17-A-5643%20INFORME%20DE%20AGUA%20SUPERFICIAL-C.R%20A.pdf. Accessed 02 May 2025

Da Silva, Aires FI, Dari DN, Freitas IS, da Silva JL, de Matos Filho JR, dos Santos KM, dos Santos JCS (2024) Advanced and prospects in phenol wastewater treatment technologies: unveiling opportunities and trends. Discov Water 4(1):1-36. https://doi.org/10.1007/s43832-024-00076-y

Díaz-Casallas DM, Castro-Fernández MF, Bocos E, Montenegro-Marin CE, González Crespo R (2019) 2008–2017 Bogota river water quality assessment based on the water quality index. Sustainability 11(6):1668. https://doi.org/10.3390/su11061668

Dippong T, Resz MA (2024a) Heavy metal contamination assessment and potential human health risk of water quality of lakes situated in the protected area of Tisa. Romania Heliyon 10(7):e28860. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28860

Dippong T, Resz MA (2024b) Quality and health risk assessment of groundwaters in the protected area of Tisa River Basin. Int J Environ Res Public Health 19(22):14898. https://doi.org/10.3390/ijerph192214898

Dippong T, Hoaghia MA, Senila M (2022) Appraisal of heavy metal pollution in alluvial aquifers. Study case on the protected area of Ronișoara Forest, Romania. Ecol Indic 143:109347. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109347

Dippong T, Mihali C, Avram A (2023a) Water physico-chemical indicators and metal assessment of Teceu lake and the adjacent groundwater located in a Natura 2000 protected area. NW Romania Water 15(22):3996. https://doi.org/10.3390/w15223996

Dippong T, Mihali C, Marian M, Rosca OM, Resz MA (2023b) Correlations between chemical, hydrological and biotic factors in rivers from the protected area of Tisa Superioară, Romania. Proce Safety Environ Protec 176:40–55. https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.06.002

Ejaz U, Khan SM, Jehangir S, Khalid N, Abdullah A, Iqbal M, Svenning JC (2024) Monitoring the industrial waste polluted stream - integrated analytics and machine learning for Water Quality Index assessment. J Clean Prod 141877. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141877.

Fúquene DM, Yate-Segura A, Pérez DA, Duque Chaves CM, Chiriví Salomón JS, Valderrama López CF, Forero Ausique VF (2019) Sewage treatment. Ecosystem services. https://libros.unad.edu.co/index.php/selloeditorial/catalog/view/122/118/751

Ewaid SH, Abed SA (2017) Water quality index for Al-Gharraf River, southern Iraq. Egypt J Aquat Res 43(2):117–122. https://doi.org/10.1016/j.ejar.2017.03.001

Fernandez N, Ramírez A, Solano F (2003) Physicochemical indices of water quality: a comparative study. University of Pamplona. https://www.redalyc.org/pdf/903/90320103.pdf. Accessed 13 May 2025

Galaviz I, Sosa I (2019) Diffuse and punctual sources of pollution. Quality of groundwater. 142. https://doi.org/10.26359/epomex0719

Gallo-Corredor JA, Pérez EH, Figueroa R, Figueroa Casas A (2021) Water quality of streams associated with artisanal gold mining; Suárez, Department of Cauca, Colombia. Heliyon 7(6):e07047. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07047

Gallo-Velez D, Restrepo JC, Newton A (2022) A socio-ecological assessment of land-based contamination and pollution: the Magdalena delta. Colombia Front Mar Sci 9:1057426. https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1057426

Gaspar E, Irimia O, Stanciu M, Bârsan N, Moșnegutu E (2025) Strategies for a sustainable economy: optimizing processes for BOD, COD and TSS removal from waste water. Water 17(3):318. https://doi.org/10.3390/w17030318

Government of British Columbia (2024) Approved water quality guidelines. https://www2.gov.bc.ca/gov/content/environment/air-land-water/water/water-quality/water-quality-guidelines/approved-water-quality-guidelines. Accessed 13 May 2025

Ha DD, Nguyen DH, Nguyen BC, Nguyen TQ, Le GTN (2024) Application of multivariate statistical techniques in the assessment of long-term surface water quality in Dong Thap Province. Vietnam Environ Monit Assess 197(1):14. https://doi.org/10.1007/s10661-024-13436-x

Hala Z (2012) Analysis through advanced modeling of eutrophication processes in coastal lagoons: application to Atlantic and Mediterranean water bodies. University of Cantabria. https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/96870/TesisHZ.pdf?sequence=1. Accessed 13 May 2025

Hamzeh MA, Shah-Hosseini M, Naderi BA (2013) Effect of fishing vessels on trace metal contamination in sediments of three harbors along Iranian Oman Sea coast. Environ Monito Assess 185(2):1791–1807

Hasan MM, Ahmed MS, Adnan R, Shafiquzzaman M (2020) Water quality indices to assess the spatiotemporal variations of Dhaleshwari River in central Bangladesh. Environ Sustain Indic 8:100068. https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100068

Hernández-Sampieri R, Fernandez, Collado C, Baptista, Lucio P (2014) Investigation methodology. Mexico: McGraw-Hill. https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf. Accessed 28 May 2025

Hernández-Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio P (2018) Research methodology. Mexico: McGraw-Hill Interamericana, Vol 4, pp 310–386

Hong H, Li J, Wang Q, Lu H, Liu J, Dong Y, Yan C (2020) The legacy of trace metal deposition from historical anthropogenic river management: a regional driver of offshore sedimentary microbial diversity. J Hazard Mater. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123164

IDEAM (2011) Water Quality Index in surface streams (ICA). Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies. http://www.ideam.gov.co/web/agua/indicadores1. Accessed 13 May 2025

IDEAM (2014) Evaluation of water resources. Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies. http://www.ideam.gov.co/web/agua/indicadores1. Accessed 13 May 2025

IDEAM (2022) Climatological characteristics of main cities and tourist municipalities. MinAmbiente. http://www.ideam.gov.co/documents/21021/418894/Caracter%C3%ADsticas+de+Ciudades+Principales+y+Municipios+Tur%C3%ADsticos.pdf/c3ca90c8-1072-434a-a235-91baee8c73fc. Accessed 13 May 2025

IDEAM (2022) Hydrographic zoning of Colombia. Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies. http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022655/MEMORIASMAPAZONIFICACIONHIDROGRAFICA.pdf. Accessed 13 May 2025

IDEAM (2023) Accreditation of environmental laboratories in Colombia. http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/acreditacion. Accessed 13 May 2025

IDEAM MADS, UDCA (2018) Technical report on characterization and diagnosis of land cover and use. Invemar. http://cinto.invemar.org.co/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/94f4c6de-06b1-4891-9502-2ac59a0e9739/Anexo%2018CR2A3.3%20Informe%20tecnico%20cobertura%20y%20usos.pdf. Accessed 13 May 2025

INSIVUMEH (2023) Pollution indices. Ministry of Communications, Infrastructure and Housing of Guatemala. https://insivumeh.gob.gt/?p=56959. Accessed 28 May 2025

INVEMAR (2019) Diagnosis and evaluation of the quality of marine and coastal waters of the Colombian Caribbean and Pacific. Marine and Coastal Research Institute. https://www.invemar.org.co/documents/10182/43044/Informe+REDCAM_2018.pdf. Accessed 28 May 2025

INVEMAR (2020) Diagnosis and evaluation of the quality of marine and coastal waters of the Colombian Caribbean and Pacific. Marine and Coastal Research Institute. https://www.invemar.org.co/documents/10182/43044/Informe+REDCAM_2019_VF_2abrl.pdf. Accessed 28 May 2025)

INVEMAR (2022) Diagnosis and evaluation of the quality of marine and coastal waters of the Colombian Caribbean and Pacific. Marine and Coastal Research Institute. https://www.invemar.org.co/documents/10182/43044/Informe+REDCAM_2019_VF_2abrl.pdf. Accessed 28 May 2025

INVEMAR Sinchi (2018) Zoning proposal and formulation of a road-map for the incorporation of the information generated within the POT 94. http://cinto.invemar.org.co/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/a094a26f-da77-46f2-bb9d-298794821c85/Propuesta%20de%20zonificaci%C3%B3n%20y%20formulaci%C3%B3n%20de%20hoja%20de%20ruta%20para%20la%20incorporaci%C3%B3n%20de%20la%20informaci%C3%B3n%20generada. Accessed 28 May 2025

Islam ARMT, Talukdar S, Mahato S, Kundu S, Eibek KU, Pham QB, Linh NTT (2021) Flood susceptibility modelling using advanced ensemble machine learning models. Geosci Front 12(3):101075. https://doi.org/10.1016/j.gsf.2020.09.006

Jiang JJ, Lee CL, Fang MD, Boyd KG, Gibbs SW (2015) Source apportionment and risk assessment of emerging contaminants: an approach of pharmaco-signature in water systems. PLoS ONE 10(4):e0122813. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122813

Julio FAF, Tamaris-Turizo CE (2018) Water quality in the lower section of Córdoba River (Magdalena, Colombia), using the ICA-NSF. Intropica 13(2):101. https://repositorio.unimagdalena.edu.co/handle/123456789/13843

Kanungo S, Kumar Bhuyan N, Hemanta Kumar P (2018) Assessment of the water quality standard of brahmani river in terms of physico-chemical parameters. Int J Sci Res Manag 6(4):50– 57. https://doi.org/10.18535/ijsrm/v6i4.fe01

Kavian N, Asadollahfardi G, Hasanbeigi A, Delnavaz M, Samadi A (2024) Degradation of phenol in wastewater using an integrated dielectric barrier discharge and a Fenton/photo-Fenton process. Ecotoxicol Environ Saf 271:115937. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.115937

Khwakaram AI (2016) Effects of fat, oil and grease (FOG) discharge pollutants on water quality of Qalyasan Stream, Tanjero River and impact of fat, oil and grease on Darbandikhan Reservoir in Sulaimani City-Kurdistan Region of Iraq-Iraq. Int J Environ, Ecol, Fam Urban Stud 6(1):1–7

Kumar V, Alam A, Kumar J, Thakur VR, Kumar V, Srivastava SK, Jha DN, Das BK (2024) Water quality assessment, possible pollution source identification from anthropogenically stressed River Yamuna, India using hydrochemical, water quality indices and multivariate statistics analysis. Water Air Soil Pollut 235(12):820. https://doi.org/10.1007/s11270-024-07649-6

Lemessa F, Simane B, Seyoum A, Gebresenbet G (2023) Assessment of the impact of industrial wastewater on the water quality of rivers around the Bole Lemi Industrial Park (BLIP), Ethiopia. Sustainability 15(5):4290. https://doi.org/10.3390/su15054290

Landrigan PJ, Fuller R, Acosta NJ, Adeyi O, Arnold R, Baldé AB, Zhong M (2018) The lancet commission on pollution and health. Lancet 391(10119):462–512. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0

Lau JD, Hicks CC, Gurney GG, Cinner JE (2019) What matters to whom and why? understanding the importance of coastal ecosystem services in developing coastal communities. Ecosyst Serv 35:219–230. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.12.012

León JG, Quintana Sepúlveda Y (2020) Determination of water quality indices (AQI), water pollution indices (ICOs), heavy metals from a discharge point in the Angosturas stream of the California municipality (Santander) and its environmental impact assessment. National Open and Distance University - UNAD. https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/34847/gajaimesl.pdf. Accessed 28 May 2025

Lim C, Chen C, Mei L, Chung H, Chiu W, Cheng D (2022) Impacts of fishing vessels on the heavy metal contamination in sediments: a case study of Qianzhen Fishing Port in Southern Taiwan. Water. https://doi.org/10.3390/w14071174

MADS (2019) Decree 3930 of 2010. Public Service. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=40620. Accessed 28 May 2025

MADS, Ministry of Social Protection, Ministry of Environment, Housing and Territorial Development (2007) Resolution number 2115. https://bit.ly/2GwFBC2. Accessed 28 May 2025

Mihali C, Dippong T (2023) Surface water quality and land use in protected areas of Romania: an ICOS-based approach. Ecol Indic 149:110203

MinDesa (2000) Resolución 1096 de 2000. Ministerio de Desarrollo Económico. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Sima/Odisuelto.pdf. Accessed 20 May 2025

MinSalud (1984) Decreto 1594 de 1984. Ministry of Health and Social Protection of Colombia. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=18617. Accessed 28 May 2025

Mishra SK, Kumar V, Kumar J, Jha DN, Alam A, Thakur VR, Verma SK, Singh U, Das BK (2025) Water quality assessment of river Ganga, India using water quality index and multivariate statistical techniques. Environ Monit Assess 197(1):240. https://doi.org/10.1007/s10661-025-13669-4

Mokarram M, Saber A, Sheykhi V (2020) Effects of heavy metal contamination on river water quality due to release of industrial effluents. J Clean Prod 277:123380. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123380

Montero Murcia V, Ramirez Dalel Y (2018) Analysis of the variability in water quality, based on the use of pollution indices (ICOS's) as a contribution to the POMCA of the Guayuriba river basin. Santo Tomás University. https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/13688/2018valentinamontero.pdf. Accessed 12 May 2025

Mora M, Walker T, Willis R (2022) Multiple contaminant ecological risk evaluation in small craft harbour sediments in Nova Scotia, Canada. Sci Total Environ 834. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155266

Naubi I, Zardari NH, Shirazi SM, Ibrahim NFB, Baloo L (2016) Effectiveness of water quality index for monitoring Malaysian river water quality. Pol J Environ Stud 25(1). https://doi.org/10.15244/pjoes/60109

Patmont C, La Rosa P, Narayanan R, Forrest C (2018) Environmental dredging residual generation and management. Soc Environ Toxicol Chem. https://setac.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ieam.4032

Pugh M, Pandolfi G, Franklin T, Gangloff M (2020) Influences of in-stream habitat and upstream land-use on site occupancy of the Kanawha darter (Etheostoma kanawhae): a narrowly distributed species from the New River (Upper Kanawha Basin). Wiley. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/aqc.3473. Accessed 28 May 2025

Ramírez A, Restrepo R, Viña G (1997) Four pollution indices for characterization of continental waters. Sci Technol Future. https://ctyf.journal.ecopetrol.com.co/index.php/ctyf/article/view/593

Ramírez A, Restrepo R, Cardeñosa M (1999) Pollution indices for characterization of continental waters and discharges. Formul Sci Technol Future. 89–99. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-53831999000100008

RAS (2000) Technical regulation of the drinking water and basic sanitation sector. https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=16483. Accessed 28 May 2025

Restrepo JD, Escobar R, Tosic M (2018) Fluvial fluxes from the Magdalena River into Cartagena Bay, Caribbean Colombia: trends, future scenarios, and connections with upstream human impacts. Geomorphology 302:92–105. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.11.007

Ricaurte-Villota C, Murcia-Riaño M, Hernádez-Ayón JM (2024) Dynamics and drivers of the carbonate system: response to terrestrial runoff and upwelling along the Northeastern Colombian Caribbean coast. Front Mar Sci 11:1305542. https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1305542

Rodríguez-Rodríguez JA, Pineda JEM, Trujillo LP, Rueda ME, Ibarra KP (2018) Ciénaga Grande de Santa Marta: the largest lagoon-delta ecosystem in the Colombian Caribbean. In: The wetland book II: distribution, description and conservation. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp 757–772. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4001-3_126

Ruman M, Olkowska E, Drąg-Śmigalska M, Jankowski G, Polkowska Ż (2017) Surfactants in Klodnica River (Katowice, Poland). Part I. Linear alkylbenzene sulphonates (LAS). Ecol Chem Eng S 24(1):53–63. https://doi.org/10.1515/eces-2017-0005

Sharaan M, Lebleb A, ElZahar M, Iskander M (2022) Studying the tidal-induced water circulation pattern within EL-Burullus. Mar Environ Res 180:105726. https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2022.105726

Siabato W, Guzmán J (2019) Spatial autocorrelation and the development of quantitative geography. Geog Notebooks 28(1):1–22. https://doi.org/10.15446/rcdg.v28n1.76919

Singovszka E, Balintova M, Demcak S, Pavlikova P (2017) Metal pollution indices of bottom sediment and surface water affected by acid mine drainage. Metals 7(8):284. https://doi.org/10.3390/met7080284

Stuart M, Lapworth D, Crane E, Hart A (2012) Review of risk from potential emerging contaminants in UK groundwater. Sci Total Environ 416:1–21. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.11.072

Sun H, Liu H, Wang S, Liu Y (2019) Remediation of oil spill-contaminated sands by chemical-free microbubbles generated in tap and saline water. J Hazard Mater 366:124–129. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.11.102

Sundarajan S, Mukunda Kesari K, Prince J, Raghumaran S, Vijaya R, Basanta J (2017) Ecological risk assessment of trace metal accumulation in sediments of Veraval Harbor, Gujarat, Arabian Sea. Mar Pollut Bull 592–601. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.016

Tejeda-Benítez L, Noguera K, Aga D, Olivero-Verbel J (2023) Pesticides in sediments from Magdalena River, Colombia, are linked to reproductive toxicity on Caenorhabditis elegans. Chemosphere 339:139602. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139602

Torregroza-Espinosa AC, Restrepo JC, Escobar J, Brenner M, Newton A (2020) Nutrient inputs and net ecosystem productivity in the mouth of the Magdalena River, Colombia. Estuar, Coast, Shelf, Sci 243:106899. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.106899

Torregroza-Espinosa AC, Restrepo JC, Escobar J, Pierini J, Newton A (2021) Spatial and temporal variability of temperature, salinity and chlorophyll-a in the Magdalena River mouth, Caribbean Sea. J South Am Earth Sci 105:102978. https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102978

Torres-Bejarano FM, Torregroza-Espinosa AC, Martinez-Mera E, Castañeda-Valbuena D, Tejera-Gonzalez MP (2020) Hydrodynamics and water quality assessment of a coastal lagoon using EFDC Explorer modeling system. Glob J Environ Sci 6(3):289– 308. https://doi.org/10.22034/gjesm.2020.03.02

Tosic M, Restrepo JD, Lonin S, Izquierdo A, Martins F (2019) Water and sediment quality in Cartagena Bay, Colombia: seasonal variability and potential impacts of pollution. Estuar Coast Shelf Sci 216:187–203. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.08.013

Superintendencia de Transportes (2022) Statistical bulletin on port traffic in Colombia. Supertransport. https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2023/Febrero/Puertos_28/BOLETIN-TRAFICO-PORTUARIO-2022.pdf. Accessed 28 May 2025

UNEP. United Nations Environment Programme (2020) Annual report. https://www.unep.org/ietc/resources/report/annual-report-2020. Accessed 28 May 2025

United Nations (2015) UNFCCC. https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement. Accessed 28 May 2025

Vega BC (2021) Evaluation of the quality of the water and sediment of the Birrís River sub-basin, in terms of its heavy metal content. Tecnol Costa Rica. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/13238/TFG_Carlos_Vega_Barrientos.pdf. Accessed 28 May 2025

Virdis SGP, Xue W, Winijkul E, Nitivattananon V, Punpukdee P (2022) Remote sensing of tropical riverine water quality using Sentinel-2 MSI and field observations. Ecol Indic 144:109472. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109472

Wang Z, Luo P, Zha X, Xu C, Kang S, Zhou M, Wang Y (2022) Overview assessment of risk evaluation and treatment technologies for heavy metal pollution of water and soil. J Clean Prod 379:134043. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134043

Weiland S, Hickmann T, Lederer M, Marquardt J, Schwindenham-mer S (2021) The 2030 agenda for sustainable development: transformative change through the sustainable development goals? Politics Gov 9(1):90–95. https://doi.org/10.17645/pag.v9i1.4191

WHO (2022) Water for human consumption. World Health Organization. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water. Accessed 28 May 2025

Zabihollah K, Mehrnaz F, Mohammad Ahmadizadeh S, Alireza S (2020) Fishing port pollution due to the vessel activities along Bandar Abbas. JCOE 5:47–53. https://www.ijcoe.org/article_149335_bf5e06f05df100188c58dbad3773e4fd.pdf. Accessed 20 May 2025

Zhang H, Walker E, Davis (2019) Ecological risk assessment of metals in small craft harbour sediments in Nova Scotia, Canada. Mar Pollut Bull 146:466-475. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.06.068

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Caracterización microbiana regulatoria en zonas de recambio de agua de lastre en condición de emergencia en el Mar Caribe Colombiano conforme a la resolución 0247 de 2022 / Regulatory microbial characterization in ballast water exchange areas under emergency conditions in the Colombian Caribbean in accordance with resolution 0247 of 2022

Autores: Wendy Moreno Díaz, Liseth Johana Arregocés Silva, Gisela Mayo Mancebo Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe [Grupo de investigación en Oceanografía Operacional]. Cartagena, Colombia. (Wendy Moreno Díaz hará la presentación oral).

Resumen:

La gestión del agua de lastre constituye un componente crítico para la prevención de la introducción y dispersión de microorganismos potencialmente patógenos y especies invasoras en ecosistemas marinos. En Colombia, la Resolución 0247 de 2022 establece lineamientos técnicos y regulatorios para el recambio de agua de lastre, incluyendo condiciones excepcionales de emergencia en zonas designadas del mar Caribe colombiano. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo realizar la caracterización microbiana bajo los lineamientos de la normativa internacional (Regla D2) en cumplimiento del marco normativo nacional vigente. Se llevó a cabo la determinación de la población de bacterias en el marco de cruceros oceanográficos para el seguimiento de las zonas designadas para el recambio de agua de lastre en el mar Caribe Colombiano desde el año 2023 al 2025; los análisis realizados fueron los indicadores microbiológicos exigidos por la D2: *Escherichia coli, Enterococcus* sp y *Vibrio cholerae,* en conjunto con parámetros establecidos para la evaluación sanitaria y ambiental de aguas como coliformes totales y aerobios mesófilos, cuantificando la concentración de bacterias cultivables mediante el método de unidades formadoras de colonias (UFC/mL) en medios selectivos para las especies mencionadas, mediante el muestreo en puntos estratégicos de las zonas designadas. Los resultados obtenidos expresan que las concentraciones bacterias durante el periodo evaluado se encontraron dentro de los límites establecidos por la normativa colombiana de calidad de agua para usos marinos, pese a que se documentaron casos de uso de las zonas para recambio bajo condición de emergencia por buques de tráfico internacional con intención de arribo en puertos colombianos no se evidenciaron alteraciones significativas en la densidad microbiana en la zona establecida. Cabe resaltar que, dentro del comportamiento observado a lo largo de los años, se identificaron algunas estaciones con momentos puntuales de incrementos relativos en la densidad microbiana, aunque no superaron las concentraciones permisibles, esto orientó a establecer relaciones de causalidad entre los cambios en la carga microbiana y factores ambientales, antrópicos e hidrodinámicos. Con base en esta primera estimación de densidad de bacterias cultivables para las zonas de recambio de agua de lastre en el Caribe Colombiano, se considera que estas áreas siguen siendo aptas

para su actividad, estos hallazgos ponen de manifiesto la importancia de la vigilancia microbiológica regulatoria como herramienta para la verificación del cumplimiento normativo en escenarios operativos y como componente fundamental en la protección del ecosistema marino del Caribe colombiano frente a riesgos biológicos asociados al transporte marítimo.

Palabras clave: Agua de Lastre, zonas de cambio, D2, microbiología, calidad de aguas
Keywords: Ballast water, exchange zones, D2, microbiology, water quality

Cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) provenientes del transporte marítimo de cabotaje colombiano/ Quantification of greenhouse gas (GHG) emissions from colombian maritime transport.

Autores: Yully Tatiana Palacio Cardoso[1], Juan Pablo López Morales[2]*

Resumen:

Colombia reafirmó su compromiso climático, fijando la meta de reducir en un 51% las emisiones de GEI al 2030 y alcanzar la carbononeutralidad en 2050. En este contexto, el transporte marítimo, que moviliza cerca del 98% del comercio exterior, adquiere gran relevancia. La Organización Marítima Internacional (OMI) ha llamado a descarbonizar este sector, responsable en 2018 de más de mil millones de toneladas de CO_2, equivalentes al 2,89% de las emisiones globales. En el Primer Informe Bienal de Transparencia (BTR1) de Colombia, se reportaron 301,80 kt CO_2eq provenientes de la navegación marítima y fluvial, con alta incertidumbre en los datos, lo que evidencia la necesidad de un sistema de cuantificación más robusto. El objetivo de esta investigación fue cuantificar las emisiones de GEI del transporte marítimo colombiano, para dimensionar su impacto en el inventario nacional y aportar insumos técnicos para la formulación de políticas de mitigación. Se aplicaron dos metodologías: (1) Cuantificación teórica basada en datos de zarpes, arribos, potencia instalada de motores y horas de funcionamiento en naves de bandera colombiana. En 2022, se estimaron 186.131,45 tCO_2e emitidas por 2.469 naves y en 2023 132.635,84 tCO_2e emitidas por 2.600 naves, con una incertidumbre de ±20% (WRI, 2023). (2) Cuantificación con datos de actividad (2024-2025) partiendo del reporte mensual de consumo de combustible, gases refrigerantes, aguas residuales y basuras, en una muestra de naves de bandera colombiana. En un piloto de 2024 (agosto-diciembre) se cuantificaron 12.075,78 tCO_2e emitidas por 69 naves y en 2025 (enero-diciembre) 25.643,54 tCO_2e emitidas por 84 naves con una incertidumbre de ±19,5%. El consumo de combustible fue la principal fuente de emisiones: 98,04% en 2024 y 98,82% en 2025, representada por el diésel marino (51%) y el diésel/ACPM (49%), este último generó más emisiones por su factor de emisión. Los remolcadores fueron el 1 Administradora ambiental, Subdirección de Desarrollo Marítimo, Dirección General Marítima, Colombia. 2 Ingeniero ambiental, Subdirección de Desarrollo Marítimo, Dirección General Marítima, Colombia (*Hará la presentación oral). tipo de nave con mayor contribución, reflejo del mayor número de reportes. En promedio, cada nave emitió 305,28 tCO_2e en 2025. Los gases refrigerantes aportaron menos del 2,0%, mientras que basuras y aguas residuales fueron marginales (<0,1%). La cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el transporte marítimo colombiano depende de la calidad y continuidad de los datos reportados, siendo esencial para establecer una línea base sólida. Este ejercicio constituye un insumo clave para el diseño de planes de acción nacionales de reducción de GEI en el sector, al permitir identificar las fuentes más relevantes y orientar medidas de eficiencia energética y

1 Administradora ambiental, Subdirección de Desarrollo Marítimo, Dirección General Marítima, Colombia. 2 Ingeniero ambiental, Subdirección de Desarrollo Marítimo, Dirección General Marítima, Colombia (*Hará la presentación oral).

sustitución de combustibles. Los resultados evidencian la necesidad de fortalecer la conciencia en el gremio marítimo, donde la capacitación y retroalimentación a armadores y agencias son fundamentales para mejorar la cobertura y reducir la incertidumbre. El estudio confirma su relevancia para el inventario nacional de GEI y aporta insumos técnicos para cumplir los compromisos internacionales de Colombia en materia de cambio climático. Es imprescindible continuar con la estimación en periodos comparables, generar incentivos y consolidar una línea base que permita proyectar escenarios tendenciales para avanzar hacia la descarbonización en coherencia con las metas globales.

Palabras clave: Emisiones, Gases efecto invernadero, GEI, cuantificación, transporte marítimo, cambio climático Emissions, Greenhouse gases, GHG, quantification, maritime transport, climate change

Referencias:

1. European Environment Agency. (2019). EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook 2019. https://www.eea.europa.eu//publications/emep-eea-guidebook-2019 2. European Environment Agency. (2023). EMEP/EEA air pollutant emission inventory navigation. Category guidebook https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023/part-b-sectoral- guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-d-navigation/view maritime 2023.

3. Ideam, MinAmbiente, DNP, Cancillería, PNUD y Fundación Natura. (2024). BTR 1. Ideam. Transparencia Colombia. Informe Primer de https://www.ideam.gov.co/sites/default/files/prensa/boletines/2025-09-10/btr_1_vf_alta.pdf Bienal de

4. Organización Marítima Internacional [OMI]. (1978). Convenio Internacional para la Prevención de la Contaminación por los Buques (MARPOL 73/78).

5. Organización Marítima Internacional [OMI]. (2020). Cuarto estudio de la OMI sobre las GEI. emisiones https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/MediaCentre/Documents/Fourth%20IMO%20 GHG%20Study%202020%20Executive%20Summary.pdf de

6. Organización Marítima Internacional [OMI]. (2023). Resolución MEPC.377(80): Estrategia de 2023 de la OMI sobre la reducción de las emisiones de GEI de los buques. https://wwwcdn.imo.org/localresources/es/MediaCentre/Documents/ESTRATEGIA%20 DE%202023%20DE%20LA%20OMI%20SOBRE%20LA%20REDUCCI%C3%93N%2 0DE%20LAS.pdf

7. República de Colombia. (2025). Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC 3.0) la Vida. Bogotá, Colombia. de Colombia https://unfccc.int/sites/default/files/2025-09/NDC%203.0%20Declarativa%20Colombia%20Transformaciones%20para%20la%20 Vida%20V.25.09.2025%20Gob.%20Nacional.pdf - Transformaciones para

8. UPME. (2016). Factores de emisión de los combustibles colombianos - FECOC. https://app.upme.gov.co/Calculadora_Emisiones1/new/Informe_Final_FECOC_Correcciones_UPME_FunNatura.pdf

De condiciones prístinas a gradientes antrópicos: un enfoque multivariado para descifrar la calidad del agua en sistemas costeros tropicales / From Pristine Conditions to Anthropogenic Gradients: a Multivariate Approach to Decipher Water Quality in Tropical Coastal Systems

Autores: José Cusba[1,2,3]\, *Carlos Pacheco[1,2], Jean Linero-Cueto[3,4]; Luisa Espinosa-Díaz[1,2], Jorge Paramo[3], Paola Obando-Madera[1,2]*

1 Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andréis"-INVEMAR, Santa Marta, Colombia.

2 Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia – REDCAM, Santa Marta, Colombia.

3 Universidad del Magdalena, Tropical Fisheries Science and Technology Research Group (CITEPT), Santa Marta, Colombia.

4 Facultad de Ingeniería, Universidad del Magdalena, Carrera 32 No. 22-08, Santa Marta, Colombia. (\José Cusba hará la presentación oral/póster).

Resumen:

Las zonas marinas y costeras están sometidas a crecientes presiones antrópicas que comprometen la calidad del agua, la funcionalidad ecológica y la integridad ambiental. En este contexto, la evaluación robusta de la variabilidad espacial de la calidad del agua se convierte en un elemento clave para la gestión ambiental y la toma de decisiones. Con el fin de caracterizar patrones espaciales de calidad del agua, se integraron técnicas de análisis estadístico multivariado y la distancia de Mahalanobis en 22 estaciones costeras del departamento del Magdalena, utilizando datos recopilados entre 2020 y 2024 por la Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia (REDCAM). Se analizaron variables fisicoquímicas y microbiológicas, previamente estandarizadas y reducidas mediante análisis de componentes principales (PCA), complementadas con métodos de agrupamiento jerárquico. Los resultados permitieron identificar seis grupos de estaciones que reflejan gradientes de presión antrópica, influencia de aportes continentales y procesos naturales. El análisis estadístico permitió identificar que las estaciones asociadas a descargas urbanas, actividades portuarias y zonas con alta intervención antrópica presentaron concentraciones elevadas de nutrientes, sólidos suspendidos y coliformes, evidenciando procesos de eutrofización y deterioro sanitario. En contraste, las estaciones ubicadas en playas de baja intervención y áreas protegidas mostraron condiciones relativamente estables, con bajos niveles de contaminantes y parámetros que sugieren condiciones favorables para la vida

acuática, dentro de las cuales se destaca la Bahía Chengue, caracterizada por condiciones fisicoquímicas óptimas y mínima perturbación antropogénica, lo que la posiciona como un sitio clave para la definición de condiciones de referencia regionales. El uso combinado de PCA, técnicas de clustering y la distancia de Mahalanobis permitió una discriminación robusta de estados ambientales, facilitando la identificación de patrones espaciales complejos y la detección de anomalías en sistemas altamente variables. Este enfoque supera las limitaciones de los índices tradicionales de calidad del agua al integrar múltiples dimensiones de información y considerar la estructura de correlación entre variables. En consecuencia, la metodología propuesta constituye una herramienta sólida para el monitoreo ambiental y la evaluación del estado ecológico en sistemas marino-costeros tropicales, contribuyendo al diseño de estrategias de gestión más eficientes y basadas en evidencia científica. Además, proporciona una base metodológica replicable en otros contextos geográficos con problemáticas similares.

Palabras clave: Contaminación Marina; Calidad Marino Costera; Análisis Multivariado; Gradientes Antropogénicos; Caribe Colombiano.
Keywords: Marine pollution; Coastal water quality; Multivariate analysis; Anthropogenic gradients; Colombian Caribbean.

Referencias:

Daou, C., Salloum, M., Legube, B., Kassouf, A., & Ouaini, N. (2018). Characterization of spatial and temporal patterns in surface water quality: a case study of four major Lebanese rivers. Environmental monitoring and assessment, 190(8), 485. Fettweis, M., Riethmüller, R., Van der Zande, D., & Desmit, X. (2023). Sample based water quality monitoring of coastal seas: how significant is the information loss in patchy time series compared to continuous ones?. *Science of the Total Environment*, *873*, 162273. Mukate, S., Wagh, V., Panaskar, D., Jacobs, J. A., & Sawant, A. (2019). Development of new integrated water quality index (IWQI) model to evaluate the drinking suitability of water. *Ecological indicators*, *101*, 348-354. Painting, S. J., Collingridge, K. A., Durand, D., Grémare, A., Créach, V., Arvanitidis, C., & Bernard, G. (2020). Marine monitoring in Europe: is it adequate to address environmental threats and pressures?. *Ocean Science*, *16*(1), 235-252. Saturday, A., Herrnegger, M., Kangume, S., & Stecher, G. (2025). Spatiotemporal variability of surface water quality in tropical agriculture-dominated catchments: insights from water quality indices. *Scientific Reports*, *15*(1), 42971. Srivastava, S., & Malik, A. (2025). Drinking water quality assessment through multivariate statistical approach and formulated PCA-based contamination index. *Journal of Contaminant Hydrology*, 104764. Xiang, S., Nie, F. & Zhang, C. (2008). Aprendizaje de una métrica de distancia de Mahalanobis para la agrupación y clasificación de datos. *Reconocimiento de patrones* , *41* (12), 3600-3612.

Dinámica espacio-temporal de la calidad fisicoquímica del agua en áreas marino-costeras protegidas y perturbadas de Santa Marta / Spatiotemporal dynamics of physicochemical water quality in protected and disturbed marine-coastal areas of Santa Marta

Autores: Isaac Romero-Borja*[1], Aliano Tette-Pomárico[1], Rocío García-Urueña[1].

1 Grupo de investigación en ecología y diversidad de algas marinas y arrecifes coralinos (EDAMAC), Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia. †Autor de correspondencia: iromero@unimagdalena.edu.co

Resumen:

La variación de las condiciones ambientales del agua de marina constituye un factor clave para la gestión y conservación de los ecosistemas marino-costeros. En la zona costera de Santa Marta, las investigaciones sobre calidad del agua han abordado aspectos puntuales, pero sigue siendo limitada la comprensión integral de sus dinámicas espacio-temporales. Entre 2021 y 2024, y durante 14 meses se monitoreó la calidad del agua en siete estaciones, cuatro en la bahía de Santa Marta y tres dentro del Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT). Se analizaron las concentraciones de sólidos suspendidos totales (SST), turbidez, demanda bioquímica y química de oxígeno (DBO_5), grasas y aceites, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y nutrientes inorgánicos (nitratos, nitritos, amonio y fosfatos). Los resultados mostraron patrones espacio-temporales diferenciales, con mayores concentraciones de contaminantes en el emisario submarino (ES), el río Manzanares (RM) y la bahía de Santa Marta (BS), especialmente en los meses de agosto, septiembre y noviembre, coincidiendo con períodos de mayor precipitación y escorrentía superficial. En la estación ES se registraron las concentraciones más altas de grasas, aceites y HAP, indicando un impacto de los vertimientos urbanos e industriales. En contraste, las estaciones Isla Aguja (IA), Bahía Concha (BC) y Neguanje (NG), dentro del PNNT, registraron condiciones ambientales más favorables, evidenciando el papel de las áreas marinas protegidas (AMP) como espacios de amortiguación frente a la contaminación y zonas estratégicos para la conservación de ecosistemas marinos como los arrecifes coralinos.

Palabras clave: dinámica espacio-temporal, variables fisicoquímicas, calidad ambiental.
Keywords: spatiotemporal dynamics, physicochemical variables, environmental quality.

Efectos de la contaminación por microplásticos sobre la salud y crecimiento de los principales géneros de corales hermatípicos en el Caribe colombiano

Autores: Mauricio Valeta Iglesias[1*] Fernando José Parra Velandia[1]

1 Instituto de Ciencias del Mar, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Grupo de Investigación en Estudios Oceánicos – GEOC. Colombia.

Resumen:

Los microplásticos son partículas de plástico menores a 5 mm, derivadas de la fragmentación de plásticos, cosméticos o de la industria. Los microplásticos permiten la proliferación de películas bacterianas en su superficie y ello envía "señales" químicas que los hace pasar por alimento consumido por los corales, y a estos les ocasiona enfermedades y heridas internas, que retrasan crecimiento y desarrollo (Reichert et al., 2019). En este trabajo de revisión se buscó identificar las metodologías más apropiadas para evaluar el efecto de los microplásticos en corales hermatípicos del Caribe colombiano.

Para construir la búsqueda se aplicó la metodología PRISMA usando palabras claves tentativas (Microplásticos, Nanoplásticos, Polyethylene , Polypropilene , Polystyrene Arrecifes de Coral, Blanqueamiento, Ingestión, Estrés oxidativo, Reproducción sexual, Retención) y se obtuvo una selección de artículos (72 resultantes) en un rango de 10 años usando Google Académico. A partir de esta selección se construyó un script en CRAN R (Librerías WordCloud, WordCloud2, StopWords) para obtener una lista de palabras repetidas de interés; con ellas se crearon cadenas booleanas específicas para buscar en las bases de datos Scopus, Science Direct y Web of Science desde 2010. Los resultados (501) se filtraron para descartar duplicados, y mediante la metodología PICO/PECO, sobre ellos se hizo la revisión sistemática de la pregunta: "¿Cuáles son los efectos de la contaminación por microplásticos sobre la salud y crecimiento de los principales géneros de corales hermatípicos en el Caribe colombiano?", buscando las metodologías para detectar la presencia y efectos de los microplásticos en corales. Se escogieron los que fueron aplicables al tema y estuvieron disponibles en línea, para identificar metodologías que permitieron detectar la presencia microplásticos y determinar sus efectos en corales. Las metodologías empleadas incluyen muestreo de campo y laboratorio, extracción mediante sonicación, disolución y filtración, identificación visual con estereomicroscopio y caracterización química mediante ATR-FTIR o MIRS, así como análisis estadísticos y modelos predictivos que relacionan concentración, tipo de polímero y efectos biológicos. Los estudios revisados muestran que los microplásticos (MPs) están presentes en la superficie y tejidos de corales, así como en agua y sedimentos, siendo los polietilenos (PE) y polipropileno (PP) los

más frecuentes. La ingestión activa de MPs por corales depende del tamaño de los calículos y provoca inflamación, retraso en el crecimiento, disminución de zooxantelas y afectación en etapas tempranas de desarrollo larval (Abeysinghe et al., 2024). Sobre los MPs se forman biofilms microbianos cuya composición varía según el tipo de polímero y el tiempo de exposición, con posibles efectos sobre la salud coralina. Estos hallazgos evidencian un patrón global de contaminación que impacta la salud, crecimiento y estructura microbiana de corales y otras especies marinas, tanto en ecosistemas tropicales como polares (Oldenburg et al., 2021).

Referencias:

bibliográficas Abeysinghe, K., Guruge, K., Bandara, T., y Kumara, P. (2024). Microplastic pollution status in the coral reef ecosystems on the Southern and Western coasts of Sri Lanka during the Southwest monsoon. *Marine Pollution Bulletin, 206*, 116713. Oldenburg, K., Urban-Rich, J., Castillo, K., y Baumann, J. (2021). Microfiber abundance associated with coral tissue varies geographically on the Belize Mesoamerican Barrier Reef System. *Marine Pollution Bulletin, 163*, 111938. Reichert, J., Arnold, A., y Hooge, M. (2019). Impacts of microplastics on growth and health of hermatypic corals are species-specific. *Environmental Pollution, 254*. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113074

Evaluación de alternativas de reciclaje de plásticos en comunidades marino-costeras: caso Tumaco, Pacífico Colombiano / Evaluation of plastic recycling alternatives in marine–coastal communities: the Tumaco case, Colombian Pacific

Autores: Alejandro Ramírez Orozco[1]\, Elizabeth Carvajal Flórez[2], Natalia Andrea Cano Londoño[3], Carlos Alberto Zárate Yepes[4].

1 Ingeniero ambiental, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

2 PhD. Ingeniería de los Recursos Hidráulicos, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

3 PhD. Ingeniería de los Recursos Hidráulicos, Universidad de Twente, Países Bajos.

4 PhD. Derecho, Universidad Nacional de Colombia, Colombia. (Alejandro Ramírez hará la presentación oral).

Resumen:

Las comunidades marino costeras son asentamientos humanos estratégicos en zonas de transición, desempeñando un papel vital en la gestión de ecosistemas críticos como manglares y arrecifes que prestan servicios ecosistémicos como regulación de la biodiversidad y captura de carbono [1], [2]. No obstante, estas comunidades enfrentan amenazas crecientes por la urbanización desordenada y la contaminación por plásticos, materiales que, por su ubicuidad y persistencia, comprometen la seguridad alimentaria y la fauna marina [3], [4]. En San Andrés de Tumaco, territorio del Pacífico colombiano con condiciones de pobreza estructural, se estima que el 21% de los plásticos (1.402 toneladas anuales) termina en el entorno debido a una gestión de residuos deficiente [5]. El objetivo de este estudio fue evaluar alternativas de reciclaje de plásticos mediante un enfoque multicriterio, buscando generar soluciones territorialmente adaptadas. La metodología empleó un Análisis de Toma de Decisiones Multicriterio (MCDM) bajo el método de Ponderación Aditiva Simple (SAW). Se evaluaron tres alternativas tecnológicas: madera plástica (WPC), concreto ecológico (sustitución parcial de agregados) y textiles reciclados. La evaluación se basó en seis criterios: complejidad técnica, costos e impacto ambiental (basados en literatura), junto con seguridad, aceptación social y ventaja de mercado, calificados mediante talleres con actores locales. Para el cálculo del puntaje global (Si), se aplicó la fórmula de suma ponderada de las calificaciones por el peso de cada criterio (wj). Los resultados posicionaron a la madera plástica como la opción con mejor desempeño integral (3,37), destacándose en aceptación social (4,1) y bajos riesgos para la salud pública (3,8). Su aplicabilidad directa en la infraestructura palafítica (puentes y mobiliario urbano) responde a necesidades prioritarias de la comunidad. El concreto ecológico (3,33) demostró ser la opción más viable económicamente (4,0), permitiendo reducciones de costos de hasta un 27% en construcción. Por el

contrario, los textiles reciclados (2,82) presentaron limitaciones por su alta complejidad técnica y requisitos de maquinaria especializada. La discusión destaca que el éxito de la economía circular en zonas periféricas depende del equilibrio entre la viabilidad técnico-económica y la legitimidad sociocultural. Se concluye que el aprovechamiento de residuos mediante madera plástica y concreto ecológico no solo mitiga el impacto ambiental en el litoral, sino que fortalece la gobernanza local y la generación de empleo. Este ejercicio de planificación territorial demuestra que involucrar a la comunidad en la fase de diagnóstico y priorización garantiza la sostenibilidad de las intervenciones ambientales a largo plazo.

Palabras clave: Gestión de residuos, Plásticos, Economía circular, Análisis multicriterio.
Keywords: Waste management, Plastics, Circular economy, Multicriteria analysis.

Referencias:

[1] M. A. Zain *et al.*, "What are the outcomes of marine site protection on poverty of coastal communities in Southeast Asia? A systematic review protocol," *Environmental Evidence 2022 11:1*, vol. 11, no. 1, pp. 2-, Feb. 2022, doi: 10.1186/S13750-022-00255-1. [2] F. Balata and C. Williams, "The role of coastal communities in the sustainable management of marine protected areas," *Marine Protected Areas: Science, Policy and Management*, pp. 113–129, Jan. 2020, doi: 10.1016/B978-0-08-102698-4.00006-X. [3] S. Balachandran, S. Joseph, and M. Sreelakshmi, "An evidence-based study of spatiotemporal trends and hotspots of sea surge events in Kerala, India," *Reg. Stud. Mar. Sci.*, vol. 81, p. 103949, Jan. 2025, doi: 10.1016/J.RSMA.2024.103949. [4] A. L. Prianto and A. Abdillah, "Vulnerable countries, resilient communities: climate change governance in the coastal communities in Indonesia," *Climate Change, Community Response and Resilience: Insight for Socio-Ecological Sustainability*, pp. 135–152, Jan. 2023, doi: 10.1016/B978-0-443-18707-0.00007-2. [5] J. Cusba *et al.*, "Plastic pollution in marine coastal areas: Quantifying leakage and evaluating management responses," *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 222, p. 118677, Jan. 2026, doi: 10.1016/J.MARPOLBUL.2025.118677.

Evaluación de impactos ambientales del manejo de residuos sólidos en ecosistemas estratégicos insulares del Caribe Colombiano / Assessment of Environmental Impacts of Solid Waste Management on Strategic Island Ecosystems of the Colombian Caribbean

Autores: Luis M. Hernández Beleño[1] Lizbeth Janet Vivas-Aguas[1], Italo Andrés Arbeláez Muñoz[1], Lised Geraldin Delgado Borda[1], Luisa Fernanda Espinosa Diaz[1],

1 Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andréis" - INVEMAR. 1 Programa de Calidad Ambiental Marina, Línea de Prevención y Protección de Ecosistemas Marinos y Costeros - PEM. (*Lizbeth Janet Vivas-Aguashará la presentación oral).

Resumen:

El Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina constituye un sistema socioecológico insular de alta sensibilidad ambiental, donde la limitada disponibilidad de suelo, la presión turística y la estrecha relación entre áreas urbanas y ecosistemas marino-costeros. Estas condiciones intensifican los efectos de la gestión territorial de residuos sólidos, consolidándola como una de las principales presiones ambientales en el territorio. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar los impactos ambientales asociados a la gestión de los residuos sólidos con el fin de orientar la formulación de medidas de manejo para la protección de ecosistemas estratégicos marino-costeros en el Archipiélago colombiano. Para ello, se implementó un enfoque metodológico mixto que integró levantamiento de información de campo en sectores priorizados de San Andrés y Providencia, talleres participativos con comunidades raizales, entidades territoriales, instituciones y autoridades ambientales, y la aplicación de la metodología de Arboleda (2008), adaptada al contexto insular, mediante la valoración de presencia, duración, evolución y magnitud de impactos ambientales adversos. Se identificaron 37 impactos ambientales, de los cuales 26 correspondieron a la isla de San Andrés y 11 a Providencia. Los impactos de mayor concentración e importancia se registraron en los sectores de Bahía Hooker, Green Point, Salt Creek, Smith Channel y South End, mientras que en Providencia se destacaron Boxon y Mountain. Estos impactos se asociaron principalmente a prácticas inadecuadas de disposición y acopio de residuos municipales; ordinarios, orgánicos, de manejo diferenciado, especiales y peligrosos, expansión urbana no controlada, el manejo sanitario inapropiado de actividades porcinas y de elaboración y comercialización de alimentos, la limpieza informal de playas, el manejo deficiente de lanchas y residuos asociados, y debilidades estructurales del sistema, como la insuficiencia de infraestructura para la separación en la fuente, el aprovechamiento y manejo diferenciado de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, llantas y aceites usados. Las principales afectaciones se concentraron en los ecosistemas de manglar, aunque también comprometieron playas, pastos marinos y bosque seco tropical, evidenciándose la alteración de las propiedades fisicoquímicas del suelo, cambios

en el uso del suelo, proliferación de plagas, alteración de la fauna y un deterioro severo del paisaje. Los resultados reflejan patrones territoriales diferenciados: San Andrés presenta una presión más intensa y estructural, con mayor número de sectores afectados y limitadas capacidades operativas en puntos críticos, mientras que Providencia registra una severidad relativa menor, aunque mantiene prácticas informales susceptibles de escalar. En conjunto, los hallazgos evidencian que la problemática supera las deficiencias de limpieza y responde a brechas sistémicas en infraestructura, recolección, disposición final, control de fuentes generadoras y articulación sectorial. En este contexto, se recomienda priorizar la gestión de residuos sólidos en sectores críticos, fortalecer la separación en la fuente y el aprovechamiento, controlar prácticas informales y promover estrategias diferenciadas entre islas, incorporando enfoques de economía circular y producción más limpia acordes con el contexto insular.

Palabras clave: * residuos sólidos; impactos ambientales; ecosistemas insulares; gestión ambiental; Caribe colombiano
Keywords: solid waste; environmental impacts; island ecosystems; environmental management; Colombian Caribbean.

Evaluación de la relación entre nutrientes y coliformes en cuerpos de agua del sector del Muelle Waffe. Turbo, Antioquia.

Autores: María Elena Mora Bejarano1*, Mónica María Zambrano Ortiz[1], PhD.

1 Instituto de Ciencias del Mar, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Grupo de Investigación en Sistemas Marinos y Costeros – GISMAC. Colombia.

Resumen: El sector del muelle El Waffe, en la Bahía de Turbo, recibe aportes continentales provenientes de los caños Puerto Tranca y Veranillo, los cuales transportan descargas residuales urbanas que inciden en la calidad del agua costera. El objetivo del estudio fue determinar la correlación entre coliformes totales y nutrientes disueltos (NH_3-N, NO_3^-, NO_2^- y PO_4^{3-}) durante los monitoreos realizados en 2025. Se empleó un enfoque cuantitativo, no experimental y correlacional, utilizando datos secundarios obtenidos en cinco estaciones de muestreo (una en el tramo final de cada caño y tres en el Waffe) durante época seca y húmeda. Se aplicaron pruebas de normalidad (Shapiro–Wilk) y el coeficiente de correlación de Spearman ($p < 0,05$), a partir del tipo de distribución de los datos. Los resultados evidenciaron mayores concentraciones de nutrientes y coliformes en los caños tributarios respecto al sector portuario, especialmente en época húmeda. En los caños, los coliformes totales oscilaron entre 3.300 y 270.000 NMP/100 mL, mientras que en el sector del Waffe variaron entre 780 y 35.000 NMP/100 mL; los coliformes termotolerantes registraron valores entre 780 y 21.000 NMP/100 mL en los tributarios, frente a un rango de 200 a 3.300 NMP/100 mL en el muelle. En cuanto a nutrientes, el ortofosfato alcanzó concentraciones máximas de 0,57 mg/L en los caños, mientras que en el Waffe los valores máximos fueron menores; el amoníaco presentó concentraciones de hasta 0,76 mg/L en los tributarios, superiores a las registradas en el sector portuario. Se observaron correlaciones positivas significativas entre coliformes totales y las formas nitrogenadas, como se registró en temporada seca entre amoníaco (NH_3-N) y coliformes totales ($\rho = 0,867$; $p = 0,025$); en temporada húmeda se observaron correlaciones positivas fuertes entre ortofosfato (PO_4^{3-}) y coliformes totales ($\rho = 0,84$; $p = 0,036$), y entre ortofosfato (PO_4^{3-}) y coliformes termotolerantes ($\rho = 0,88$; $p = 0,019$). Nitrato (NO_3^-) y nitrito (NO_2^-) no registraron asociaciones significativas. En el sector del muelle, las correlaciones fueron más débiles, comportamiento acentuado en los sitios más lejanos de la zona de desembocadura de los caños, evidenciando procesos de dilución y dispersión estuarina más eficientes. Los resultados son consistentes con el deterioro que ocasiona en las aguas marinas el inadecuado manejo de las aguas residuales.

Palabras clave: Nutrientes; Coliformes totales; Calidad del agua; Contaminación; Bahía de Turbo
Keywords: Nutrients; Total coliforms; Water quality; Pollution; Turbo Bay.

Evaluación del estado de salud actual del coral abanico de mar *Gorgonia ventalina* (*cnidaria, octocorallia*) en Santa Marta, Colombia / Assessment of the health status of the sea fan *Gorgonia ventalina* (*cnidaria, octocorallia*) in Santa Marta, Colombia

Autores: Herazo María[1*], Camacho Olga[1,2], Narváez Juan Carlos[1,2]

1 Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Magdalena, Santa Marta.

2 Grupo de Investigación, GIESEMOL, Universidad del Magdalena, Santa Marta.

Resumen:

En los ecosistemas arrecifales, el coral Gorgonia ventalina (Linnaeus, 1758) conocido comúnmente como "abanico de mar", desempeñan un papel clave en la estructuración de los arrecifes, proporcionando hábitat, alimento y refugio. Las gorgonias son sensibles a variaciones en el flujo del agua, la disponibilidad lumínica, la temperatura y la química del agua, factores que pueden incrementar la incidencia de enfermedades y reducir su crecimiento. A inicios de la década de 1990 se registró un evento de mortandad masiva de G. ventalina en el Caribe, seguido de una recuperación parcial documentada en 2004 para Santa Marta y el Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT). El presente estudio tuvo como objetivo evaluar las condiciones de deterioro y los agentes asociados que caracterizan el estado de salud actual de G. ventalina en dos localidades del departamento del Magdalena: El Morro de Santa Marta y bahía Gairaca (PNNT). Se realizaron censos visuales mediante transectos de 20 m de longitud, estimando un ancho fijo de 2 m a cada lado del transecto, registrándose el alto y ancho de cada colonia de G. ventalina encontrada, su profundidad, condición de deterioro y agente asociado. Además, se comparó la densidad de colonias vivas y esqueletos con los valores reportados en 2004. Se registró un mayor número de colonias en Gairaca (251 en 320 m²), donde predominó una alta proporción de colonias sanas (58,22%), aunque también se observaron múltiples condiciones de deterioro (blanqueamiento, enfermedad, invasión, manchas blancas y sedimentación). En El Morro se registró un menor número de colonias (44 en 240 m2) y con menor diversidad de afectaciones. Sin embargo, el tamaño de las colonias vivas de G. ventalina fue significativamente mayor en El Morro (1074,6 cm2) que en Gairaca (687,5 cm2). Los agentes de deterioro más frecuentes fueron: Cyphoma gibbosum (12,22%), esponjas (11,53%), Pseudoplexaura porosa (9,75%) y Coralliophila caribaea (4,66%). El análisis comparativo entre 2004 y 2025 evidenció un aumento en la densidad de colonias vivas en ambos sitios, especialmente en El Morro con un incremento del 284%, lo que sugiere una recuperación poblacional. Sin embargo, la persistencia de condiciones de deterioro indica que las colonias de G. ventalina continúan bajo presión ambiental, resaltando la necesidad de monitoreo continuo y estrategias de manejo ambiental marino-costero en la región.

Palabras clave: Anthozoa, Enfermedad Coralina, Octocoral, Densidad Poblacional, Condición de deterioro.
Keywords: Anthozoa, Coral Disease, Octocoral, Population Density, Condition of Deterioration.

Factores de degradación ambiental y sus impactos en ecosistemas marino-costeros del departamento del Atlántico (Colombia) / Environmental degradation factors and their impacts on marine-coastal ecosystems in the Atlantic department (Colombia)

Autores: Joel David Pacheco Perea[1], Tania Liceth Córdoba Meza[1], Lizbeth Janet Vivas Aguas[1], Luisa Fernanda Espinosa Diaz[1]

1 Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andréis" - INVEMAR. 1 Programa de Calidad Ambiental Marina, Línea de Prevención y Protección de Ecosistemas Marinos y Costeros - PEM. (Joel David Pacheco Pereahará la presentación oral).

Resumen:

Los ecosistemas marino-costeros del departamento del Atlántico incluyendo playas, manglares, pastos marinos y arrecifes coralinos son de alta relevancia ecológica y socioeconómica, al proveer servicios ecosistémicos clave como soporte a la biodiversidad, regulación de procesos costeros y sustento de actividades productivas. Sin embargo, estos ecosistemas enfrentan procesos de degradación que afectan su integridad ecológica y la provisión de dichos servicios, lo que resalta la necesidad de fortalecer el monitoreo ambiental como base para la gestión integrada de zonas costeras, orientada a su conservación y uso sostenible. El objetivo de este estudio fue identificar los principales factores de degradación, evaluar sus impactos ambientales y proponer medidas para la conservación de estos ecosistemas. Para identificar y georeferenciar los factores de degradación, se realizaron recorridos a lo largo de la línea de costa, complementado con talleres participativos con comunidades locales, usuarios y actores institucionales. La importancia del impacto en función del grado de incidencia o intensidad de la alteración producida, se realizó mediante la metodología de Conesa (2009) adaptadas por Toro et al. (2013), que integra criterios cualitativos y cuantitativos como extensión, persistencia, reversibilidad, acumulación y recuperabilidad. Se identificaron como principales factores de degradación la presencia de residuos sólidos, quemas, vertimientos de aguas residuales, extracción de arena, expansión urbana y la implementación de estructuras artesanales para el control de la erosión. A partir de estos factores, se evaluaron más de 230 impactos ambientales, clasificados en categoría crítica, severa, moderada y leve. Se determinaron 24 impactos críticos asociados principalmente a la inadecuada gestión de residuos sólidos (17), vertimientos de aguas residuales sin tratamiento (4), expansión urbana (2) y la implementación de estructuras artesanales de protección costera (1) que afectan los componentes abióticos y bióticos. Los resultados evidencian la necesidad de priorizar acciones orientadas al fortalecimiento de la gestión integral de residuos y el control de vertimientos, así como avanzar en procesos de ordenamiento y zonificación costera. Adicionalmente, se recomienda promover estrategias de educación y sensibilización ambiental

dirigidas a comunidades locales y prestadores de servicios turísticos, con el fin de fomentar la conservación y uso responsable de los ecosistemas marino-costeros.

Palabras clave: * degradación ambiental, impactos ambientales, residuos sólidos, gestión costera integrada, ecosistemas marino-costeros.
Keywords: environmental degradation, environmental impacts, solid waste, integrated coastal management marine-coastal ecosystems.

Fitoplancton como indicador de la calidad del agua: variabilidad espaciotemporal en áreas marinas protegidas y perturbadas / (Phytoplankton as an indicator of water quality: spatiotemporal variability in protected and disturbed marine areas)

Autores: Angélica De La Hoza*, Isaac Romero[a], Darío Vega[b], Rocío García-Urueña[a]

[a] Grupo de investigación Ecologia y Diversidad del Algas Marinas y Arrecifes coralinos EDAMAC, University of Magdalena 470006, Santa Marta, Colombia

[b]Naturalista S.A.S, Bogotá, Colombia

Resumen:

Las comunidades fitoplanctónicas desempeñan un papel fundamental en los ecosistemas marinos, no solo como base de la red trófica, sino también como reguladoras de los ciclos biogeoquímicos y de la productividad primaria. Además, son ampliamente reconocidas como bioindicadores altamente sensibles a los cambios ambientales, especialmente en zonas costeras sometidas a presiones antrópicas, donde responden rápidamente a variaciones en la disponibilidad de nutrientes, condiciones fisicoquímicas y aportes externos de origen continental. Este estudio evaluó la variabilidad espaciotemporal de la abundancia y composición del fitoplancton en áreas marinas protegidas y perturbadas durante los años 2023 y 2024, considerando las temporadas seca y lluviosa. Para ello, se realizaron muestreos sistemáticos en diferentes estaciones representativas, acompañados de la medición de variables fisicoquímicas del agua, con el fin de identificar patrones de distribución y posibles factores ambientales asociados a la dinámica fitoplanctónica. Como resultado, se registraron mayores densidades de fitoplancton durante la temporada de lluvias, particularmente en las áreas disturbadas, lo que sugiere una fuerte influencia de los aportes continuos de nutrientes y materia orgánica asociados a descargas de aguas residuales, escorrentía superficial y procesos de resuspensión. Estas condiciones favorecen el enriquecimiento trófico del sistema y promueven el crecimiento acelerado de ciertas especies oportunistas. Se observó además una mayor presencia de géneros comúnmente vinculados a floraciones algales nocivas, como Oscillatoria, Euglena, Anabaena, Pinnularia y Caloneis, característicos de ambientes eutrofizados. En contraste, las áreas protegidas presentaron menores densidades fitoplanctónicas y una estructura comunitaria más estable, con mayor equidad en la distribución de especies, lo que refleja condiciones ambientales más equilibradas y una menor influencia de fuentes de contaminación. Esto evidencia el efecto positivo de las estrategias de conservación en la regulación de la dinámica ecológica del fitoplancton. Los análisis multivariados evidenciaron que la composición y abundancia del fitoplancton estuvieron significativamente influenciadas por variables ambientales como la temperatura, el pH, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y las concentraciones de fosfatos, indicando una estrecha relación entre la calidad del agua y la

estructura de la comunidad fitoplanctónica. Asimismo, se identificaron patrones de asociación entre determinadas especies y condiciones específicas del medio, lo que refuerza su utilidad como indicadores ecológicos. En conjunto, estos resultados destacan el valor del fitoplancton como una herramienta eficaz para el monitoreo de la calidad del agua costera y como indicador temprano de procesos de eutrofización. Además, subrayan la necesidad de fortalecer las estrategias de manejo, regulación y control de descargas en zonas marino-costeras, así como de implementar programas de monitoreo continuo que permitan la toma de decisiones informadas para la conservación y uso sostenible de estos ecosistemas.

Palabras clave: Calidad del agua marina, microalgas, vertimientos, materia orgánica, zona costera.
Keywords: Marine water quality, microalgae, discharges, organic matter, coastal zone.

Flujo de microplásticos desde el río Magdalena hacia el Mar Caribe: evidencia en sedimentos del delta

Autores: Zapata-Restrepo, L.M. [1], Cardozo León, V.[2], Gallego Zapata, J.L.[2], & Riascos Vallejos, J.M.[3]

[1]Grupo de Investigación en gestión y Modelación Ambiental -GAIA-, Instituto de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia

[2]Grupo de Investigación en Biodiversidad, Biotecnología y Bioingeniería -GRINBIO-, Universidad de Medellín, Medellín, Colombia

[3]Instituto de Ciencias del Mar, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Turbo, Antioquia, Colombia lina.zapatar@udea.edu.co

Resumen:

Las fuentes terrestres de residuos plásticos aportan aproximadamente el 80 % del plástico que llega a los océanos, siendo los sistemas fluviales el principal vector de transporte. Sin embargo, el plástico flotante observado en la superficie oceánica representa solo una pequeña fracción de la carga total estimada que descargan los ríos, y se sugiere la existencia de importantes reservorios en sedimentos que aún están poco caracterizados. El Río Magdalena, principal sistema fluvial que desemboca en el Mar Caribe, presenta una descarga media de ~205,5 km³/año (≈26 % del aporte fluvial total a esta cuenca) y genera una extensa Región de Influencia de Agua Dulce (ROFI), posicionándolo entre los 20 ríos con mayor potencial para transportar microplásticos (MPs) hacia el océano. Por esta razón, este estudio evaluó la presencia de MPs en sedimentos superficiales del delta del río Magdalena. Las muestras se recolectaron durante una expedición científica a bordo del buque de investigación RV Maria S. Merian utilizando una draga Box Corer. Los núcleos de sedimento fueron tamizados, secados a 50 °C durante 42 h y sometidos a separación por densidad para aislar las partículas plásticas. Posteriormente, los MPs fueron filtrados en filtros Whatman GF/A (0,45 µm) y analizados mediante identificación visual por microscopía para su clasificación por tamaño, color y morfología. La composición polimérica fue confirmada mediante espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR). Los resultados indican que las fibras constituyen el tipo de MPs más abundante en los sedimentos del delta, seguidas por fragmentos de color variable. La confirmación química mediante espectroscopia FTIR ha permitido confirmar la identificación de la naturaleza de aproximadamente el 70% de las partículas sospechosas en estas muestras. Estos hallazgos evidencian que los sedimentos del delta del río Magdalena actúan como un importante sumidero de MPs y resaltan el papel clave de los grandes sistemas fluviales tropicales en el transporte y acumulación de contaminación plástica hacia los ecosistemas marinos del Caribe.

Palabras clave: microplásticos, sedimentos superficiales, desembocadura, río Magdalena, Región de Influencia de Agua Dulce (ROFI)

Identificación de zonas óptimas para la instalación de arrecifes artificiales en la costa del Pacífico Colombiano / Identification of optimal zones for artificial reefs deployment in the Colombian Pacific Coast Subárea temática: corales, arrecifes artificiales.

Autores: Andrea Devis-Morales[1*], Raúl Andrés Montoya Sánchez[1], y Luis Carlos Enríquez Estrada[2] [1]PhD. Escuela de Ciencias e Ingeniería, Universidad del Rosario, Colombia. 2 Ms. Grupo GEAM, Colombia.

Resumen:

La pérdida de arrecifes de coral es una crisis ecológica global provocada principalmente por el aumento anómalo de la temperatura oceánica, que ha ocasionado el blanqueamiento masivo y la muerte de estos ecosistemas. Factores antrópicos locales, como la contaminación, el turismo irresponsable y la pesca destructiva, han exacerbado esta problemática. En Colombia, el 70-80% de los corales están en riesgo, amenazando la biodiversidad marina y el sustento de cientos de miles de personas, ya que los arrecifes albergan el 25% de la vida marina; su muerte provoca el colapso de ecosistemas enteros y efectos negativos para las comunidades que dependen de los arrecifes para pesca, alimento, ecoturismo y trabajo. En el Pacífico colombiano, se han evidenciado afectaciones a los arrecifes de coral, especialmente durante la ocurrencia de eventos El Niño, que elevan la temperatura del mar, causando estrés térmico y blanqueamiento masivo, generando una crisis ambiental con graves impactos sociales, incluyendo la reducción de la pesca artesanal, pérdida de seguridad alimentaria y disminución del turismo sostenible para las comunidades locales. Con miras a contribuir a alcanzar las metas definidas por el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 14 “Vida Submarina” de la Agenda 2030, y buscando mejorar la calidad de vida de las poblaciones costeras, se viene desarrollando desde el 2023 un proyecto de implementación de iniciativas subacuáticas para la conservación de ecosistemas marinos y consolidación de negocios sustentables en los departamentos de Chocó, Cauca y Nariño (BPIN N° 2022000100032, CTeI Ambiente No. 18 2022). Esta es una estrategia que propone la instalación de arrecifes artificiales, con el objetivo de restaurar ecosistemas marino-costeros con fines ambientales y ecoturísticos. La identificación y selección de los sitios adecuados para la instalación de arrecifes artificiales es la etapa más importante del proyecto, ya que de esto depende el éxito de esta iniciativa a largo plazo. La instalación de arrecifes artificiales ha demostrado ser una herramienta muy útil para la restauración de hábitats marino-costeros degradados, para fomentar la biodiversidad al proporcionar refugio a diversas especies, para proteger la costa contra la erosión al reducir la energía del oleaje, para reducir la presión turística sobre los arrecifes naturales y para apoyar la pesca sostenible y las actividades ecoturísticas. Sin embargo, una selección incorrecta de los sitios puede tener consecuencias negativas que ocasionen daños ecológicos, sociales y económicos. Para procederse a la colocación de cualquier tipo de arrecife artificial, se debe conocer el entorno local, incluyendo las características metoceánicas como la intensidad del viento, la marea, las olas y corrientes

y la ocurrencia de extremos climáticos; la geomorfología que incluye la batimetría, el transporte de sedimentos, además de las condiciones ambientales como la calidad del agua y de los sedimentos, las comunidades biológicas existentes, las actividades antrópicas, entre otros factores. En este trabajo se presenta la caracterización oceanográfica y geomorfológica realizada en cada uno de los tres departamentos a partir del análisis de información primaria y secundaria disponible, la cual permitió identificar las zonas óptimas para instalar arrecifes artificiales.

Palabras clave: Pacífico colombiano, hábitats artificiales, comunidades arrecifales, mejoramiento de hábitat, evaluación oceanográfica y geomorfológica.
Keywords: Colombian Pacific basin, artificial habitat, reef community, habitat enhancement, oceanographic and geomorphology assessment.

Identificación hidroacústica del bocachico (*prochilodus magdalenae*) en aguas someras. / Hydroacoustic identification of bocachico (*prochilodus magdalenae*) in tropical shallow waters.

Autores: *Arnovis Alguero, Luis Agudelo Programa Ingeniería Marino Costera, Universidad del Magdalena, Colombia (*Arnovis Alguero realizará la presentación)

Resumen:

La estimación de la abundancia de peces es fundamental para el manejo sostenible de los recursos pesqueros. Entre las metodologías empleadas, la acústica pesquera se ha consolidado como una herramienta eficiente para detectar y cuantificar organismos en el medio acuático mediante ecosondas o sistemas sonar, que registran los ecos producidos cuando pulsos acústicos interactúan con los organismos en la columna de agua. La intensidad de estos ecos depende de factores como el tamaño del pez, su orientación y la presencia de estructuras internas como la vejiga natatoria. Un parámetro clave en estos estudios es la fuerza de blanco (*Target Strength*), que mide la intensidad del eco reflejado por un organismo y permite relacionar la señal acústica con su tamaño o biomasa. A pesar de los avances en el uso de esta tecnología, existe una notable escasez de literatura científica relacionada con la identificación hidroacústica de peces en ambientes de aguas someras, especialmente en especies de agua dulce tropicales. Gran parte de los estudios hidroacústicos se han desarrollado en ecosistemas marinos o en especies de alto valor comercial para las pesquerías industriales, mientras que las especies fluviales tropicales han recibido comparativamente menor atención científica. Esta limitada investigación podría estar asociada, en parte, al bajo interés histórico de las pesquerías industriales en algunas especies de agua dulce, como el bocachico (*Prochilodus magdalenae*), lo que ha reducido el desarrollo de metodologías específicas para su estudio mediante herramientas hidroacústicas. El bocachico es una de las especies más importantes de Colombia por su valor ecológico, alimentario y socioeconómico, siendo fundamental para la pesca artesanal y la seguridad alimentaria de numerosas comunidades ribereñas de la cuenca del río Magdalena. No obstante, sus poblaciones han disminuido significativamente debido a factores como la sobrepesca, el represamiento de ríos, la contaminación y la pérdida de hábitat. El objetivo de este estudio es analizar el potencial de la hidroacústica como herramienta para la identificación de peces en ambientes de aguas someras tropicales, utilizando al bocachico (*Prochilodus magdalenae*) como especie de referencia para explorar los parámetros acústicos que podrían facilitar su detección en registros hidroacústicos. El método utilizado consistirá en la estimación de la fuerza de blanco (*Target Strength*) se realizará mediante experimentos controlados utilizando una ecosonda de haz partido (*split-beam*). Para ello, los peces serán mantenidos en una jaula experimental de aproximadamente 1 m × 1 m × 3 m, ubicada dentro del haz acústico del transductor. Mientras los peces naden libremente en la jaula, la ecosonda

registrará los ecos generados al atravesar el haz acústico, permitiendo identificar blancos individuales y analizar la relación entre la longitud del pez y su TS. Los resultados esperados, con base en estudios hidroacústicos previos realizados en especies de morfología similar utilizando ecosondas de haz partido (*split-beam*), se esperan obtener valores de fuerza de blanco (*Target Strength*) característicos del bocachico (*Prochilodus magdalenae*) bajo condiciones controladas. Siguiendo la metodología de Nielsen & Lundgren (1999), quienes estimaron la TS en juveniles de bacalao (*Gadus morhua*) mediante experimentos en jaula, se anticipa identificar ecos individuales y establecer una relación entre la longitud del pez y su respuesta acústica, generando así valores de referencia aplicables a futuros monitoreos hidroacústicos en aguas someras tropicales. Discusión y Conclusiones: La limitada información sobre la respuesta hidroacústica de peces de agua dulce tropicales representa una barrera para el monitoreo acústico en sistemas fluviales. En el caso del bocachico (*Prochilodus magdalenae*), esta carencia contrasta con la alta importancia ecológica y socioeconómica de la especie, pues aproximadamente trece departamentos de Colombia dependen de ella para la pesca artesanal y la seguridad alimentaria de comunidades ribereñas de la cuenca del río Magdalena. En este contexto, la estimación de parámetros como la fuerza de blanco constituye un primer paso para mejorar el conocimiento acústico de la especie, fortalecer herramientas de monitoreo no invasivas y sentar bases para futuras aplicaciones en evaluación de poblaciones y manejo pesquero sostenible.

Palabras clave: hidroacústica, bocachico, fuerza de blanco, ecosonda, aguas someras
Keywords: hydroacoustics, bocachico (*Prochilodus magdalenae*), target strength, echosounder, shallow waters.

Referencias:

Nielsen, J. R., & Lundgren, B. (1999). Hydroacoustic ex situ target strength measurements on juvenile cod (Gadus morhua L.). ICES Journal of Marine Science, 56(5), 627–639. https://doi.org/10.1006/jmsc.1999.0515

Las algas también se enferman: comunidades microbianas en tejido sano y necrótico de *Lobophora (Dictyotales. Phaeophyceae)*

Autores: Santiago Santos, Maryam Chaib, Brigitte Gavio Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá

Resumen:

La salud de las macroalgas está ligada a la salud del océano, con implicaciones en la resiliencia de los arrecifes coralinos. El alga parda del género *Lobophora* (Dictyotales, Phaeophyceae) juega un papel fundamental en los ecosistemas arrecifales, siendo un productor primario. Sin embargo, lesiones necróticas en poblaciones de *Lobophora* sugieren la presencia de interacciones patogénicas, que hasta la fecha no han sido reportadas. Se desarrolló un análisis molecular sobre las comunidades microbianas asociadas a tejido sano y necrótico del alga. La secuenciación del gen 18S rRNA (región V9) reveló una riqueza mayor de microbios en el tejido lesionado. Adicionalmente se identificaron seis morfotipos de hongos, que fueron caracterizados con análisis molecular. Especies de la familia Sporidiobolaceae, conocida por albergar especies patógenas en otros ambientes, se encontraron principalmente, aunque no exclusivamente, en las muestras necróticas. Se observó la presencia constante de ciliados del orden Urostylida en tejido lesionado. Esos resultados sugieren que las lesiones en *Lobophora* son *hotspots* para colonización microbiana. Esta investigación contribuye a la comprensión de como los patógeno marinos y cambios en la comunidad microbiana asociada al alga influencia su salud.

Palabras clave: enfermedades emergentes, patógenos, hongos, cialiados, lesiones

Microalgas como bioindicadores de calidad ambiental en un lago urbano: caracterización ecológica y bioilustración científica / Microalgae as bioindicators of environmental quality in an urban lake: ecological characterization and scientific illustration

Autores: Kateleen Nifal Guevara Sánchez Licenciada en Biología, Universidad Pedagógica Nacional, Colombia

Resumen:

Las microalgas constituyen componentes fundamentales de los ecosistemas acuáticos, por su papel en la producción primaria en la cadena trófica, impacto en la mitigación del cambio climático por su fijación de CO2 y su alta sensibilidad a las variaciones ambientales, como salinidad en el ambiente o presencia de minerales tóxicos. Esto las posiciona como bioindicadores eficaces de la calidad del agua. En sistemas urbanos, como lagos artificiales o semiartificiales, su estudio permite evaluar procesos ecológicos asociados a la eutrofización e influencia antrópica. En este contexto, la bioilustración científica emerge como una herramienta innovadora que facilita la comprensión y divulgación de la biodiversidad microscópica. El objetivo de este estudio fue caracterizar la comunidad de microalgas del lago principal del Jardín Botánico de Bogotá, José Celestino Mutis. Un ambiente caracterizado por adaptaciones de microhábitats formados y vinculados entre sí, pero con visibles diferencias tanto de microorganismos como de vegetación. En este contexto, se evalúa el papel de las microalgas como bioindicadores de calidad ambiental, se realiza una interpretación ecológica de los hallazgos y se analiza su potencial pedagógico mediante bioilustración científica. Para ello, se realizó un muestreo sistemático en tres microhábitats representativos: zona de humedal (un microambiente con flora y fauna representativas de los humedales de Bogotá), área de nenúfares y espejo de agua. En cada sitio se recolectaron muestras superficiales y subsuperficiales (½ y 1 disco Secchi) mediante red de fitoplancton y frascos esterilizados de 200 mL, preservadas con fijador Transeau. temperatura, pH, Paralelamente, se registraron variables fisicoquímicas conductividad y profundidad. in situ como El análisis microscópico (400×) permitió identificar los principales taxa, complementado con microfotografía y bioilustración científica. Se determinaron como géneros predominantes Desmodesmus sp., Staurastrum sp. y Anabaena sp., presentes en los tres microhábitats. Asimismo, se registraron Chroococcus sp., Euastrum sp., Rhopalodia sp. y Ventricaria sp. La zona de nenúfares presentó la mayor riqueza morfológica y densidad celular, mientras que el humedal evidenció condiciones más estables, con presencia de Gonatozygon sp. y representantes de Chrysophyceae. En el espejo de agua, la coexistencia de diatomeas y cianobacterias sugiere fluctuaciones en los niveles de nutrientes. Los resultados evidencian la coexistencia de especies indicadoras tanto de buenas condiciones de oxigenación como de procesos de enriquecimiento nutricional, lo que refleja un

sistema urbano dinámico con posible influencia antrópica moderada. La variabilidad en la distribución de los taxa entre microhábitats confirma la heterogeneidad ambiental del lago y su influencia en la estructura del fitoplancton. En este sentido, las microalgas demostraron ser herramientas sensibles para la interpretación del estado trófico del sistema. Por último, la bioilustración científica permitió traducir los hallazgos morfológicos en recursos visuales acompañados de claves, con el objetivo de hacer las mismas, accesibles para todo público, fortaleciendo la divulgación científica y la educación ambiental. En conjunto, este estudio se posiciona como pionero, estableciendo una línea base para el monitoreo ecológico del lago y aporta al entendimiento de sistemas acuáticos como análogos funcionales de ecosistemas costeros en términos de bioindicación. (Ver anexo 1)

Palabras clave: Bioilustración científica, bioindicadores, calidad del agua, educación ambiental, fitoplancton
Keywords: Scientific bioillustration, bioindicators, water quality, environmental education, phytoplankton

Referencias:

• Bellinger, E. G., y Sigee, D. C. (2010). Freshwater algae: Identification and use as bioindicators. Wiley-Blackwell. • Jardín Botánico de Bogotá (JBB). (2021). Biodiversidad urbana y conservación. Recuperado de Biodiversidad de Bogotá en: Conexión Bio - Jardín Botánico. • Londoño Carder, C. (2016). Ilustración científica. Un puente entre ciencia y arte. • Moreno, J. R., Medina, C. D., y Albarracín, V. H. (2012). Aspectos ecológicos y metodológicos del muestreo, identificación y cuantificación de cianobacterias y microalgas eucariotas. • Reynolds, C. S. (2006). The ecology of phytoplankton. Cambridge University Press. • Wetzel, R. G., y Likens, G. E. (2000). Limnological analyses (3ra ed.). Springer. Bioilustraciones científicas de microalgas del lago del Jardín Botánico de Bogotá ANEXO 1 Guevara Sánchez, K. (2024). Bio-ilustración: Microalga Desmodesmus s.p. [Ilustración científica].ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/399862178 Guevara Sánchez, K. (2024). Bio-ilustración: Microalga Chroococcus s.p [Ilustración científica].ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/399862178 Guevara Sánchez, K. (2024). Bio-ilustración: Microalga Rhopalodia gibba [Ilustración científica].ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/399862178

Microorganismos responsables de la tonalidad rosa en cuerpos de agua de uveros, San Juan de Urabá, Caribe Colombiano. / Microorganisms responsible for the pink tone of uveros water bodies, San Juan de Urabá, Colombian Caribbean.

Autores: Pamela Berrio Arias[1], María Alejandra Carrillo Castaño[1], Mónica María Zambrano Ortiz, PhD.[2] *Nelsy Patricia Villalba Negrete MSc.*[2]

[1]*Escuela de Microbiología. Universidad de Antioquia, Colombia. Joven Investigador. Proyecto Implementación de estrategias para la construcción y apropiación social del conocimiento sobre la biodiversidad en el Urabá Antioqueño. Grupo de Investigación en Sistemas Marinos y Costeros – GISMAC.*

[2]*Profesora. Instituto de Ciencias del Mar, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad de Antioquia, Colombia. Grupo de Investigación en Sistemas Marinos y Costeros – GISMAC. (*Mónica María Zambrano Ortiz hará la presentación oral).

Resumen:

El inadecuado o carente tratamiento de aguas residuales ocasiona deterioro y, en muchos casos, procesos eutróficos en los cuerpos de agua receptores; esta problemática es recurrente en muchos cursos de agua que atraviesan los municipios costeros del país, como ocurre en el corregimiento de Uveros, localizado al noreste del Urabá Antioqueño, donde, durante los periodos cálidos, se presenta una coloración rosa en sus caños. Con el fin de identificar el microorganismo causante de esta condición se evaluaron dos de estos cuerpos de agua, adelantando dos muestreos, uno durante la temporada de lluvias (noviembre de 2023) y otro durante la época seca (marzo de 2024), estableciendo dos puntos de muestreo en cada uno. Se registraron parámetros fisicoquímicos *in situ* (temperatura, pH, salinidad y oxígeno disuelto), y se tomaron muestras de agua para análisis de demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), oxígeno disuelto (OD), nitrógeno amoniacal (NAT), fósforo total (PT) y microorganismos (Coliformes totales (CT), *Escherichia coli*, heterótrofos). Se prepararon medios de cultivo específicos para aislar microorganismos relacionados con el cambio de tonalidad, los cuales se identificaron mediante espectrometría de masas (Maldi-Tof). El análisis estadístico para establecer diferencias entre épocas climáticas se realizó empleando la prueba t-Student; solo el OD se analizó empleando la prueba U de Mann-Whitney teniendo en cuenta la distribución de los datos a partir de la prueba de Shapiro-Wilk. Los caños evaluados desembocan en el mar Caribe, pero durante la temporada seca se cierra esta conexión por lo que la salinidad es variable; este parámetro no registró diferencias significativas entre épocas climáticas ($p = 0,77$), y varió entre 3,79 y 16,63 psu en época húmeda y 14,52 y 28,02 psu en época seca. La DQO ($p = 0,025$), el OD y el PT ($p = 0,007$) presentaron diferencias significativas entre épocas climáticas, los dos primeros con mayores concentraciones durante la época seca, contrario al comportamiento del

PT. El OD registró niveles de hipoxia/anoxia en época húmeda (0,06 – 0,99 mg/L) y de anoxia (0,01 mg/L) en época seca. La DQO varió entre 446,40 y 1636,00 mg/L, indicando contaminación extrema, mientras que la DBO varió entre 5,0 y 176,30 mg/mL. La concentración registrada por las variables relacionadas con el OD evidencia condiciones de estrés ecológico en ambos cuerpos de agua. El NAT y el PT registraron mayores concentraciones en época seca, variando entre 0,34 y 0,98 mg/L y entre 2,20 y 31,58 mg/L respectivamente; en época húmeda el NAT varió entre 0,12 y 0,68 mg/L mientras que el PT disminuyó considerablemente, con niveles entre 0,01 y 0,29 mg/L. Entre los microorganismos evaluados, solo los heterótrofos fueron analizados comparando su comportamiento entre épocas climáticas ($p = 0,9$), pues los CT y *E. coli* no fueron detectados en época seca. Los organismos identificados como responsables de la tonalidad rosa corresponden a las bacterias endofíticas halotolerantes *Exiguobacterium marinum* y *Priestia flexa*. Los resultados obtenidos permiten concluir que ambos cuerpos de agua presentan niveles eutróficos causados por una alteración crítica en las condiciones fisicoquímicas, producto del aporte de aguas residuales.

Palabras clave: Eutrofización, parámetros fisicoquímicos, bacterias, calidad del agua.
Keywords: Eutrophication, physicochemical parameters, bacteria, water quality.

Microplásticos en playas de América Latina: análisis comparativo del abordaje metodológico e institucional / Microplastics on Latin American beaches: a comparative analysis of methodological and institutional approaches

Autores: Marlenny Diaz Cano1*, Ellie Anne López Barrera[2]

[1] Universidad Sergio Arboleda, Grupo Joaquín Aarón Manjarrés, Santa Marta – Colombia

[2] Universidad Sergio Arboleda, Instituto de Estudios y Servicios Ambientales, Bogotá – Colombia *Autora de presentación

Resumen:

La contaminación por microplásticos en ecosistemas marino-costeros representa uno de los desafíos ambientales más relevantes para la sostenibilidad oceánica. Las playas actúan como zonas de acumulación de estos residuos, provenientes de fuentes terrestres y oceánicas, afectando la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y actividades socioeconómicas como el turismo y la pesca. En América Latina y el Caribe, esta problemática se ha intensificado por el aumento en el consumo de plásticos de un solo uso, deficiencias en los sistemas de gestión de residuos y la influencia de procesos oceanográficos que transportan desechos entre regiones (Alfonso et al., 2021; Zapata-Restrepo et al., 2026). Este trabajo presenta avances de una investigación orientada a generar lineamientos de política pública con soporte tecnológico para el manejo de microplásticos en playas arenosas de Santa Marta, Colombia, cuya presencia se ha incrementado exponencialmente a pesar de las medidas de control implementadas. Se exponen resultados derivados de la fase de contextualización del problema, apoyada en una revisión sistemática de literatura que identificó la producción científica más relevante en Brasil, Chile, México, Colombia y Argentina, países con mayor contribución regional en este campo (da Silva Oliveira et al., 2023). La ruta metodológica incluyó una revisión documental estructurada con base en los siguientes criterios: métodos de muestreo, escalas espaciales y temporales, métricas empleadas, fuentes de contaminación y enfoques de gestión institucional y gobernanza. Ante la heterogeneidad metodológica identificada como hallazgo temprano, se incorporó como referente el protocolo OSPAR (Convenio para la Protección del Medio Marino del Atlántico Nordeste), reconocido por sus estándares para el monitoreo de basuras en playas (OSPAR Commission, 2010; European Commission, JRC, 2013/2023). Los resultados evidenciaron alta heterogeneidad metodológica en la región, particularmente en unidades de medida, técnicas de muestreo y formas de reporte. A la luz del referente OSPAR, esta falta de homogeneidad limita la comparabilidad entre estudios, dificulta la identificación de tendencias regionales y restringe la formulación de estrategias integradas de gestión. Asimismo, se identificaron diferencias en la atribución de fuentes de contaminación —aportes oceánicos (pesca, transporte marítimo) y terrestres (turismo,

consumo local)— junto con una débil articulación institucional y diversidad de modelos de gobernanza que, lejos de representar una contextualización del problema, se consolida como una debilidad en la implementación del manejo integrado costero (Rangel-Buitrago, 2025; Zapata-Restrepo et al., 2026). Se concluye que la gestión de microplásticos en playas reconoce teóricamente la necesidad de enfoques integrados que articulen monitoreo científico, regulación y participación social (Gamboa et al., 2025); sin embargo, persisten vacíos en la estandarización metodológica y en la articulación entre producción científica y toma de decisiones. Se plantean orientaciones preliminares para fortalecer la comparabilidad metodológica regional y aportar lineamientos de política que mejoren la gobernabilidad del problema en el Caribe colombiano.

Palabras clave: microplásticos, contaminación marina, playas arenosas, gestión costera, residuos plásticos.
Keywords: microplastics, marine pollution, sandy beaches, coastal management, plastic waste.

Referencias:

Alfonso, M. B., Arias, A. H., Menéndez, M. C., Ronda, A. C., Harte, A., Piccolo, M. C., & Marcovecchio, J. E. (2021). Assessing threats, regulations, and strategies to abate plastic pollution in LAC beaches during COVID-19 pandemic. Ocean & Coastal Management, 208, 105613. Da Silva Oliveira, A., Costa, L. L., Lima, J. S., da Costa, I. D., Machado, P. M., & Zalmon, I. R. (2023). Contaminação por Microplásticos em Praias Arenosas no Brasil: uma Revisão Sistemática. Oecologia Australis, 27(1), 1-21. European Commission, Joint Research Centre. (2013/2023). Guidance on the monitoring of marine litter in European seas. https://publications.jrc.ec.europa.eu Gamboa, A. C., Lemus, A. M. J., Lizardo, D. M. I. Y., & Vizcaíno, C. D. P. (2025). Citizen science for clean beaches: Participatory diagnosis of marine debris in Mochima National Park, Venezuela. Geosaberes: Revista de Estudos Geoeducacionais, 16(1), 35-47. OSPAR Commission. (2010). Guideline for monitoring marine litter on the beaches in the OSPAR maritime area. https://www.ospar.org Rangel-Buitrago, N. (2025). Coastal processes and human drivers of ocean-derived plastic pollution: Insights from remote beaches of the Colombian Caribbean. Anthropocene Coasts. Zapata-Restrepo, L. M., Díaz Castrillón, V. C., & Parra Velandia, F. J. (2026). A sea of plastic: A 20-year review of the plastic pollution crisis in the Colombian Caribbean. Integrated Environmental Assessment and Management, 22(1), 84-97. https://doi.org/10.1093/inteam/vjaf091

Microplásticos en sedimentos costeros del Caribe Colombiano / Microplastics in coastal sediments of the Colombian Caribbean

Autores: Greicy Almanza Jaramillo[1]\, Maria Victoria León[2], Luis Alfonso Gomez[3], Rocio del Pilar García[1] y Sigmer Yamuruk Quiroga[2].

[1] Grupo de Investigación en Ecología y Diversidad Marina (EDAMAC). Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.

[2] Grupo de Investigación en Manejo y Conservación de Fauna, Flora y Ecosistemas Estratégicos Neotropicales (MIKU). Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.

[3] Universidad Nacional de Colombia, La Paz, Valledupar, Colombia. Greicy Almanza Jaramillo hará la presentación oral.

Resumen:

La acumulación de microplásticos (MP) en sedimentos marinos ha sido ampliamente documentada; sin embargo, su dinámica estacional y su relación con la estructura de la macrofauna bentónica permanecen poco entendidas en regiones tropicales. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la variación espacial y temporal de los MP en sedimentos costeros de Santa Marta y el Parque Nacional Natural Tayrona, así como su relación con las características sedimentarias y la estructura de la macrofauna bentónica a lo largo de un gradiente de presión antrópica. Se realizaron dos muestreos en 2024 (época seca y lluviosa) en seis estaciones costeras. Los MP fueron extraídos mediante separación por densidad e identificados tipológicamente, mientras que la macrofauna se analizó mediante índices de diversidad y análisis multivariados (ANOSIM, SIMPER y NMDS), integrando variables granulométricas y contenido de materia orgánica. Se registraron 400 ítems de MP, con un claro predominio de fibras (~78%), indicando fuentes difusas asociadas a descargas domésticas y actividades turísticas. De forma contraintuitiva, las mayores concentraciones de MP se registraron durante la época seca, lo que sugiere que procesos hidrodinámicos como la resuspensión y el afloramiento costero pueden desempeñar un papel más relevante que la escorrentía en la acumulación de estas partículas en sedimentos. En contraste, durante la época lluviosa disminuyó la abundancia total, pero aumentó la proporción de fragmentos en estaciones urbanas, evidenciando cambios en las fuentes y en los procesos de degradación del material plástico. Se identificaron 10.080 organismos bentónicos pertenecientes a 10 filos, con dominancia de Annelida (71.9%). La estructura comunitaria mostró variaciones entre periodos: la diversidad fue mayor en la época seca, mientras que en la lluviosa se observó un incremento en la dominancia de especies oportunistas, consistente con condiciones ambientales más variables o perturbadas. La granulometría, especialmente el contenido de lodo, emergió como un factor determinante tanto en la acumulación de MP como en la

organización de la macrofauna, evidenciando una estrecha interacción entre los componentes físicos y biológicos del sistema. La detección de MP en todas las estaciones, incluidas áreas protegidas, pone en evidencia la conectividad de estos contaminantes y limita la efectividad de las barreras de conservación frente a fuentes externas. En conjunto, los resultados demuestran que la dinámica estacional modula simultáneamente la distribución de MP y la estructura de las comunidades bentónicas, y cuestionan el supuesto de que la escorrentía sea el principal mecanismo de aporte en sistemas tropicales. Estos hallazgos resaltan la necesidad de incorporar la variabilidad temporal y los procesos oceanográficos en los programas de monitoreo y gestión ambiental del Caribe colombiano.

Palabras clave: microplásticos, macrofauna bentónica, dinámica estacional, sedimentos, Caribe colombiano
Keywords: microplastics, benthic macrofauna, seasonal dynamics, sediments, Colombian Caribbean

Microplásticos en zonas portuarias: caso de estudio en el Golfo de Morrosquillo (Colombia) / Microplastics in port areas: a case study in the Gulf of Morrosquillo (Colombia)

Autores: Wendy Moreno Díaz*, *Joaquín Rivero Hernández, Liseth Johana Arregocés Silva, Gisela Mayo Mancebo Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe [Grupo de investigación en Oceanografía Operacional]. Cartagena, Colombia. (*Wendy Moreno Díaz hará la presentación oral).

Resumen:

La contaminación por plásticos representa uno de los mayores desafíos ambientales globales debido a su persistencia e interacciones con sistemas ecológicos y socioeconómicos. Los microplásticos (<5 mm) se distribuyen ampliamente en medios acuáticos y son asimilados por organismos en distintos niveles tróficos e impactan la salud ecosistémica y humana mediante aditivos como acrílicos, resinas y biocidas antiincrustantes (incluidos metales pesados). Aunque las fuentes terrestres predominan en el volumen total, organismos como la OMI reconocen contribuciones marítimas subcuantificadas —descargas de aguas grises, partículas de pinturas antifouling y limpieza de cascos— como fuentes relevantes de microplásticos marinos. El Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe monitoreó estos contaminantes en el Golfo de Morrosquillo (2025), caracterizando micropartículas en sedimentos bajo influencia marítima. Las muestras de material granulométrico se recolectaron con draga Ekman, se secaron en horno y se separaron por densidad con solución hipersalina. Posteriormente, se realizó la identificación visual bajo estereoscopio con cámara para conteo de abundancia (cuantificado con ImageJ) y mediante el uso del ATR-FTIR se llevó a cabo la clasificación (color, forma) y caracterización del polímero. Los resultados revelaron concentraciones de 500-2500 elementos/kg de sedimento seco, con predominio de pellets y fragmentos. La comparación espectral con librerías identificó compuestos como poliacrilamida —aditivo destacado en pinturas de cascos de buques—, evidenciando la influencia del tráfico marítimo regional en su distribución espacial mediante mantenimiento de cascos y dispersión por corrientes. Estos datos pueden servir para el fortalecimiento de políticas regulatorias nacionales en armonización con actualizaciones científicas de los estándares OMI para el desarrollo de actividades marítimas de manera sostenible.

Palabras clave: Microplásticos, sedimentos, tráfico marítimo.
Keywords: Microplastics, sediments, maritime traffic.



Cultura y educación ambiental marina costera

Análisis de alternativas para el manejo de *Hydrilla verticillata* en la Ciénaga Grande de Santa Marta / Evaluation of management alternatives for *Hydrilla verticillata* in Ciénaga Grande de Santa Marta

Autores: Cuello-Pallares, d.; Díaz-Meza, j.; Carrillo-Cantillo, m.; Sierra-Carrillo, M.M Gutiérrez Paba, l.

Programa de Ingeniería Marino-Costera, Facultad de Ingeniería, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.

Resumen:

La Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), el sistema lagunar costero más extenso de Colombia, designado Sitio Ramsar y Reserva de la Biósfera, enfrenta una crisis socio ecológica asociada a la invasión de Hydrilla verticillata, macrófita sumergida de origen asiático con alta capacidad de colonización. La dulcificación del sistema (salinidad < 0,5 UPS), producto de alteraciones hidrológicas, ha generado condiciones óptimas para su proliferación, alcanzando coberturas cercanas a 605 ha y una tasa de expansión de 3,02 ha/día. El objetivo de este estudio fue evaluar comparativamente las alternativas de manejo disponibles para su control y aprovechamiento. Se realizó una revisión documental estructurada que integró fuentes técnicas y científicas (CITS, REDCAM, CORPAMAG y literatura internacional), clasificando las estrategias en control biológico, remoción física y valorización bioeconómica, evaluadas mediante criterios de eficacia, viabilidad técnica, riesgos ecológicos y aplicabilidad social. Los resultados evidencian un deterioro fisicoquímico significativo, con salinidad inferior a 0,5 UPS y fluctuaciones extremas de oxígeno disuelto (< 2 mg/L), generando hipoxia y mortalidad de la ictiofauna. El control biológico mediante Trichechus manatus presenta bajo riesgo ecológico y beneficios ecosistémicos, mientras que Ctenopharyngodon idella triploide muestra alta eficacia con riesgos moderados. La remoción mecánica permite mayor volumen de extracción, pero favorece la fragmentación y dispersión, en contraste con la remoción manual participativa, que reduce impactos y fortalece la gobernanza comunitaria. La valorización de la biomasa (compostaje, fertilización y biorremediación) evidencia potencial en esquemas de economía circular. En discusión, ninguna estrategia individual resulta suficiente debido a la alta tasa de crecimiento de la especie, por lo que se requiere un enfoque integrado. Se concluye que la implementación de un manejo multiescalar que combine control biológico, remoción selectiva y aprovechamiento de la biomasa, junto con la restauración del régimen salino (salinidad > 5 ppt), es fundamental para la recuperación ecológica del sistema.

Palabras clave: Hydrilla verticillata, Ciénaga Grande de Santa Marta, control biológico, restauración ecológica, bioeconomía.

Exploración del *fanzine* como herramienta de educación ambiental en la conservación de las tortugas marinas / Exploring the zine as an environmental education tool in sea turtle conservation

Autores: Gabriela Martínez[1,2*], *Amalia María Cano-Castaño[1,3,4,] Carlos Puentes[1], Adriana Cifuentes Carvajal[1], Santiago Cano[3,5]*

[1] Fundación Coriácea, Medellín, Colombia

[2]Pregrado en Biología Marina, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Santa Marta, Colombia

[3] CASA MiNKA, Medellín, Colombia

[4] Línea de investigación en Edición de Publicaciones, Grupo de Investigación en Información, Conocimiento y Sociedad, Escuela Interamericana de Bibliotecología, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

[5] Maestría en Creación y Estudios Audiovisuales, Facultad de Comunicaciones y Filología, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia (*Gabriela Martínez hará la presentación del póster)

Resumen:

En el contexto de la crisis socioecológica actual, la biodiversidad marina enfrenta presiones como la pesca incidental, el desarrollo costero, la contaminación y el cambio climático. En Colombia habitan cinco de las siete especies de tortugas marinas, la mayoría en alguna categoría de amenaza, aunque la tortuga verde está clasificada como de Preocupación Menor. Estas problemáticas han impulsado estrategias de conservación no extractivas, como la educación ambiental, orientada a generar conciencia y actitudes responsables. En este marco, y en articulación con la cultura oceánica, los fanzines emergen como una herramienta educativa que permite traducir contenidos científicos en lenguajes accesibles, con potencial de aplicación en contextos marino-costeros. El objetivo de este estudio fue explorar el potencial del fanzine como herramienta de educación ambiental para la conservación de las tortugas marinas. Para ello, se empleó un enfoque cualitativo exploratorio que combinó una revisión bibliográfica sobre el origen y evolución del fanzine –desde la ciencia ficción hacia la contracultura, el activismo y el ámbito educativo– con el análisis de dos talleres realizados con personas de Medellín (Colombia) y sus alrededores: uno virtual sobre parques urbanos (febrero-marzo de 2021) y otro presencial sobre tortugas marinas (marzo de 2024). La información se recolectó mediante observación no estructurada, análisis de los fanzines elaborados y registro de reflexiones, y se analizó en diálogo con la literatura, considerando categorías como apropiación del conocimiento, pensamiento crítico y expresión narrativa. Los resultados muestran que el fanzine, como publicación autoeditada, independiente y de libre circulación, se ha consolidado como un medio para la

expresión creativa y la democratización del conocimiento, con aplicaciones en educación ambiental al facilitar la traducción de contenidos científicos en lenguajes cercanos. En los talleres, el proceso de creación de fanzines favoreció la conexión entre los contenidos y las experiencias personales: en el taller virtual participaron 31 personas, quienes elaboraron 17 fanzines centrados en memoria e identidad territorial, mientras que en el taller presencial participaron 11 personas, quienes produjeron 11 fanzines sobre tortugas marinas, evidenciando apropiación del conocimiento y construcción de narrativas propias. La experiencia desarrollada permite evidenciar la aplicabilidad del fanzine como herramienta de educación ambiental en territorios y comunidades marino-costeras, al tratarse de un recurso accesible, de bajo costo y adaptable a distintos contextos socioculturales. Su carácter autoeditado y reproducible facilita su implementación en escenarios con acceso limitado a recursos tecnológicos y promueve la participación de comunidades locales en la construcción y circulación de contenidos sobre biodiversidad marina. En este sentido, puede contribuir a fortalecer procesos educativos situados que integren conocimientos científicos con saberes locales. En conclusión, los fanzines presentan un alto potencial como herramienta de educación ambiental y divulgación, al promover la comprensión, la apropiación del conocimiento y la participación, posicionándose como un recurso replicable en procesos educativos y comunitarios orientados a la conservación de las tortugas marinas.

Palabras clave: Educación ambiental, tortugas marinas, fanzines, apropiación del conocimiento, cultura oceánica
Keywords: Environmental education, sea turtles, zines, appropriation of knowledge, ocean culture

Arte en movimiento: historia de vida de las tortugas marinas y su conservación en cocomasur / Art in motion: life history of sea turtles and their conservation in cocomasure, relación sociedad-naturaleza / Apropiación territorial (maritorial).

Autor: Lozada Urbina María Camila[1]*

Resumen:

En las playas de Acandí, Playón y Playona llegan cada año la tortuga Caná (Dermochelys coriacea) y la tortuga Carey (Eretmochelys imbricata) para anidar y allí Cocomasur junto con las comunidades locales ha trabajado con gran compromiso en su protección. Sin embargo, estas especies siguen enfrentando amenazas como el turismo sin control y la falta de conciencia ambiental, lo que pone en riesgo su supervivencia, este santuario no solo protege a la especie más grande de tortuga marina del mundo (Dermochelys coriacea), sino que, también se ha convertido en un símbolo de resistencia comunitaria de cara a las amenazas ambientales y sociales que enfrentan los territorios costeros. Frente a este panorama, mi propuesta de práctica pedagógica y didáctica de la Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional busca que los niños y niñas de Cocomasur en el 2026-2 se acerquen a la historia de vida de estos organismos la cual hace referencia a "las características significativas del ciclo de vida a través del cual pasa un organismo, con referencia particular a las estrategias que influyen en la supervivencia y la reproducción" (Roger J. Lincoln et al., 1998). Para ello, se pretende que por medio de expresiones artísticas como son los dibujos, relatos, música o teatro se les permita conectar sus emociones y experiencias con nuevos aprendizajes y con la conservación de las especies marinas allí presentes, a través de la siguiente pregunta problema: ¿Cómo a través de expresiones artísticas sobre la historia de vida de las tortugas marinas Caná y Carey, pueden las niñas y niños de Cocomasur cultivar el cuidado y conservación hacia las tortugas? Así, el arte se convierte en un puente entre conocimiento y afecto, ayudando al reconocimiento de que la conservación no es solo tarea de adultos o instituciones, sino una práctica cotidiana en la que ellos también tienen voz y responsabilidad. De esta manera, la conservación de las tortugas marinas se entiende no solo como una tarea técnica, sino como un compromiso cultural y ético que fortalece la relación de las comunidades con el mar y el cuidado de estas especies desde el conocimiento, las prácticas de sustentabilidad y la construcción de ciudadanía ambiental, donde la protección de la tortuga Caná (Dermochelys coriacea) y la tortuga Carey (Eretmochelys imbricata) simboliza la defensa de la vida y del territorio. El desarrollo de este proyecto se enmarca bajo un paradigma hermenéutico-interpretativo en el cual se concibe la educación como una experiencia subjetiva, dinámica y contextual, centrada en la comprensión de los significados que los sujetos atribuyen a sus acciones, este paradigma valora la interpretación, el diálogo y la transformación de la conciencia docente como vía para renovar la práctica educativa (Barrero, Bohórquez, & Mejía, 2011). El enfoque didáctico que orienta la

propuesta es la perspectiva de Reggio Emilia, la cual concibe a las niñas y niños como sujetos activos en la construcción de su conocimiento, reconociendo que aprendan a través de la exploración, la interacción con su entorno. Asimismo, reconoce el valor del arte como una forma de pensamiento y comunicación; desde esta mirada, pintar no se limita a lo estético, sino que constituye un proceso mediante el cual las niñas y niños organizan ideas, expresan emociones y construyen interpretaciones sobre el mundo que habitan. En este sentido, Vecchi (2013) plantea que "el arte es un lenguaje fundamental en la construcción del conocimiento de los niños, no un complemento, sino un medio para investigar, expresar y comprender el mundo." Aunque la propuesta no ha sido implementada y, por lo tanto, no se cuenta con resultados, es posible reconocer algunos aportes de carácter académico a partir de la revisión del concepto de historia de vida y su importancia en la enseñanza de la biología. En este sentido, la historia de vida deja de entenderse únicamente como una secuencia de etapas y se configura como una forma de pensar lo vivo, en la que se articulan procesos, temporalidades, relaciones y transformaciones que permiten comprender cómo los organismos existen, se sostienen y se configuran en vínculo con el mundo que habitan. Desde esta perspectiva, se reconocen como resultados académicos la consolidación de comprensiones que permiten abordar al organismo no como algo aislado, sino como un sujeto en relación, cuya existencia se teje a partir de múltiples condiciones y encuentros que hacen posible o limitan su historia de vida. Así, la enseñanza de la biología se amplía hacia una mirada más integrada, en la que las historias de vida se entienden como procesos abiertos y transformables, atravesados tanto por dinámicas propias de los territorios como por prácticas humanas que reconfiguran dichas trayectorias, permitiendo comprender que la vida no es fija, sino que está en constante cambio.

Palabras clave: Expresiones artísticas, tortugas marinas, ciclo de vida, historia de vida, enseñanza de la biología en contexto.
Keywords: Artistic expressions, sea turtles, life cycle, life history, conservation, Biology teaching in context.

Referencias:

Ibáñez, C. M. (2020). Sobre el uso de los conceptos de ciclo de vida e historia de vida en ecología y evolución. Gayana (Concepción), 84(2), 93–100.

Barrero Espinosa, C., Bohórquez Agudelo, L., & Mejía Pachón, M. P. (2011). La hermenéutica en el desarrollo de la investigación educativa en el siglo XXI. Itinerario Educativo, 25(57), 101–120. Universidad de San Buenaventura, Facultad de Educación.

Vecchi, V. (2013). Arte y creatividad en Reggio Emilia: El papel de los talleres y sus posibilidades en educación infantil. Ediciones Morata.

1. Estudiante de Licenciatura en Biología. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá- Colombia. [↑](#footnote-ref-1)

Diagnóstico del conocimiento y la conexión oceánica en instituciones educativas del Caribe Colombiano: estrategia escuelas azules / Assessment of knowledge and oceanic connections in educational institutions in the Colombian Caribbean: the blue schools strategy

Autores: Joel David Pacheco Perea[*], *Lizbeth Janet Vivas Aguas*[1], *Luisa Fernanda Espinosa Diaz*[1]

[1] *Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andréis" - INVEMAR.* [1] *Programa de Calidad Ambiental Marina, Línea de Prevención y Protección de Ecosistemas Marinos y Costeros - PEM.* (*Joel David Pacheco Perea hará la presentación)

Resumen:

La educación ambiental constituye un pilar fundamental para promover la conciencia ecológica y fomentar una participación informada, activa y efectiva en la toma de decisiones relacionada con los océanos. En este contexto, la UNESCO, en el marco del Decenio de las Naciones Unidas de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible (2021-2030), viene impulsando la alfabetización oceánica como una estrategia para fortalecer capacidades y promover cambios de comportamiento hacia estilos de vida sostenibles, reconociendo la interdependencia entre el océano y la sociedad. El objetivo del estudio fue diagnosticar el nivel de conocimiento y la conexión con el océano en estudiantes y docentes de instituciones educativas de los departamentos del Atlántico y Magdalena, en el marco de la estrategia "Escuelas Azules". La evaluación se estructuró a partir de los 7 principios y 45 conceptos esenciales de la cultura oceánica. Metodológicamente se diseñaron encuestas diferenciadas con 18 preguntas, organizadas en tres dimensiones: participación, conexión y conocimiento, aplicadas a los diferentes actores educativos como público objetivo. Entre 2023 y 2025 participaron más de 2.570 personas, de las cuales 2.244 corresponden al Magdalena y 328 al Atlántico. La muestra incluyó estudiantes de primaria (45%), secundaria (51%) y docentes (4%) de nueve instituciones educativas. Los resultados evidencian una conexión emocional y cognitiva significativa con el océano, especialmente en los estudiantes de primaria. Asimismo, se identificó que los estudiantes y docentes presentaron un alto nivel de comprensión en principios relacionados con las características del océano, la biodiversidad marina y la relación intrínsecamente de los seres humanos y el océano. No obstante, se identificaron vacíos importantes en la comprensión de algunos principios, especialmente el Principio 3 (el océano ejerce una gran influencia sobre las condiciones climáticas y meteorológicas) y el Principio 4 (El océano hace posible que la Tierra sea habitable), lo que evidencia la necesidad de fortalecer estos contenidos a través de la implementación y continuidad de la estrategia de alfabetización oceánica con escuelas azules. En conclusión, el diagnóstico del conocimiento oceánico constituye una herramienta clave para identificar brechas y orientar acciones educativas más efectivas,

que contribuyan a la formación de comunidades más informadas, conscientes y comprometidas con la conservación y el uso sostenible del océano.

Palabras clave: Escuelas azules, alfabetización oceánica, cultura oceánica, educación ambiental, Caribe colombiano.
Keywords: Blue schools, ocean literacy, ocean culture, environmental education, Colombian Caribbean

Divulgación de resultados científicos y técnicos más relevantes del programa pimecla / Divulgation of the most relevant scientific and technical results of the pimecla program

Autores: Juliana Castro Ospina[1]*, Sofia Carvajal Rivera[1], Sara Gutiérrez Betancur[2].

[1] Universidad de Antioquia, Instituto de Ciencias del Mar.

[2]. Estudiante de Oceanografía, Universidad de Antioquia, Instituto de Ciencias del Mar. Juliana Castro Ospina*: realizará la presentación oral/poster.

Resumen:

La divulgación de resultados científicos y técnicos presenta numerosos retos en la actualidad, teniendo en cuenta el amplio espectro de usuarios a los que se desea llegar. La estrategia de comunicación del programa PIMECLA ha sido vital para la comunicación técnica y para la apropiación social del conocimiento científico en el Urabá antioqueño. De esta manera se ha logrado traducir fenómenos complejos como el oleaje, las corrientes y la dinámica litoral y el ascenso del nivel del mar en narrativas accesibles, inclusivas y territoriales. Entre los principales resultados e hitos se encuentran la producción audiovisual en donde se destaca la conceptualización y producción de dos videos documentales que sintetizan los resultados más significativos del proyecto. Estas piezas han servido como herramientas clave para la difusión del proyecto y la sensibilización de comunidades e instituciones sobre la evolución del monitoreo costero. Por otro lado, la gestión editorial especializada, con la participación del equipo técnico en la publicación del libro PIMECLA: Compilación de resultados. Esta obra representa el esfuerzo de sistematización científica del programa, integrando el conocimiento generado por un equipo multidisciplinario. Adicionalmente, se implementó un plan de medios con distribución quincenal difundido a través de redes sociales del DAGRAN, la Corporación Académica Ambiental (UdeA) y la red internacional Ocean Sities. En este sentido se apoya la elaboración del boletín de condiciones meteo-marinas, el cual se distribuye 3 veces a la semana con pronóstico de condiciones de oleaje y corrientes superficiales a 4 días. En cuanto al tema de ciencia ciudadana se está realizando la reactivación del proyecto CoastSnap, logrando que la comunidad local de los municipios costeros de Antioquia se involucre en el monitoreo de sus playas, posicionando a las personas locales en actores claves del proceso investigativo. En síntesis, la gestión comunicativa del programa PIMECLA demuestra que la divulgación científica es el puente necesario para que el monitoreo de playas y meteo-marino, y las soluciones verdes, sean respaldadas por la comunidad. La articulación entre productos de alto nivel técnico y científico, estrategias de ciencia ciudadana y contenidos audiovisuales asegura que el conocimiento no permanezca únicamente en la Gobernación de Antioquia o en la academia, sino que se transforme en una herramienta efectiva de apropiación social y fortalecimiento de la resiliencia de las comunidades del litoral antioqueño.

Palabras clave: divulgación científica, apropiación del conocimiento, monitoreo de playas, ciencia ciudadana, PIMECLA
Keywords: science outreach, knowledge appropriation, beach monitoring, citizen science, PIMECLA.

El océano comienza aquí: ruta de cuidado frente al océano. / The ocean begins here: oceanfront care route.

Autores: Samuel Rodríguez*, Nicol Peña. Universidad Pedagógica Nacional Facultad de ciencia y tecnología Licenciatura en Biología Semillero de investigación Educazul (Samuel Rodriguez hará la presentación en oral)

Resumen:

El lema del "océano comienza aquí" surge como una iniciativa de concientización nacida de la colaboración de entidades europeas y la fundación "Oceanografic", que responde a una idea fundamental de la educación ambiental contemporánea: cada acción cotidiana, incluso en contextos alejados de las costas, genera un impacto directo en los ambientes marinos del Caribe colombiano, Pego (2019). A partir de esta idea, se considera que los sistemas de alcantarillado y los cuerpos de agua dulce funcionan como corredores contaminantes que canalizan aguas residuales de las ciudades y desechos sólidos hacia el océano, revelando una conexión intrínseca, esta acción tiene un impacto directo en la salud marina. En este contexto, el docente asume un rol como agente del cambio y difusor de una conciencia ambiental que trasciende fronteras. Reconociendo esta responsabilidad, el semillero de investigación Educazul de la Universidad Pedagógica Nacional desarrolló esta iniciativa para materializar este concepto a través de una experiencia educativa. El objetivo fue implementar una ruta de cuidado reflexivo que integrará enfoques educativos, biológicos y culturales que promuevan la conservación de los ambientes marinos del Caribe colombiano, vinculando las acciones terrestres con sus consecuencias oceánicas. La metodología se desarrolló en dos fases: inicialmente, durante la semana de la Facultad de Ciencia y Tecnología, se realizó un ejercicio pedagógico en UPN-K (sede de la universidad pedagógica nacional de Kennedy) donde estudiantes de las Licenciaturas en Biología y en Ciencias Naturales y Educación Ambiental participaron en una jornada de sensibilización que trazó teóricamente el recorrido que realizan las aguas residuales y desechos sólidos desde Bogotá hasta el Mar caribe, reconociendo los impactos generados en los ambientes marinos.

Posteriormente, en el marco de la salida de campo de la electiva "Introducción a la Vida Marina", se materializó esta ruta desde la UPN hasta el municipio de Coveñas, Sucre. Para visualizar esta conexión, se diseñaron stencils que incluyen el mensaje ¡El océano comienza aquí!, con representaciones de organismos marinos y el logo institucional. Cabe mencionar que fueron plasmados mediante aerosol libre de metales pesados en puntos del recorrido, incluyendo carreteras, poblaciones intermedias y municipio de Coveñas. Los resultados evidenciaron que la ruta de cuidado generó un impacto en las comunidades encontradas en el trayecto, despertando la curiosidad e iniciando conversaciones espontáneas sobre la conexión ciudad - océano. La experiencia permitió que los estudiantes vivenciaran directamente la

conexión entre sus acciones cotidianas y el estado de algunos ambientes marinos costeros, fortaleciendo su entrega como maestros en formación. El registro fotográfico y las reflexiones en torno a la ruta evidenció que esta experiencia potenció el aprendizaje sobre conservación y el cuidado de los ambientes marinos. Las discusiones durante el desplazamiento permitieron reconocer la ruta como una manera de romper la barrera perceptual que separa los contextos urbanos de los ambientes marinos, facilitando que las comunidades alejadas de estos ambientes interioricen su rol en la conservación del océano. El recorrido posibilitó pasar de una ruta netamente teórica a una experiencia tangible, de esta manera contribuir a la formación de un maestro que se piense la conservación de ambientes marinos.

Palabras clave: (español e inglés) Ruta de Cuidado, Formación Docente, Educación por el Océano, Ambientes Marinos Stencil: Hace referencia a una técnica de decoración o artística que utiliza una plantilla con un diseño recortado (papel, acetato, metal) para transferir una imagen a otra superficie aplicando pintura.

Entre ciencia y conservación: impulsando prácticas sostenibles de avistamiento de cetáceos dentro del Parque Nacional Coiba

Autores: Milagros González[1*]

1 Estación Científica Coiba AIP

Resumen:

Las aguas panameñas sustentan poblaciones de cetáceos muy importantes y la facilidad de encontrar a estos mamíferos cerca de las costa ha creado un gran atractivo para las personas, derivando desde la década de los 90's, el crecimiento de la actividad denominada "Avistamiento de cetáceos" en el país, esta actividad tiene el potencial de generar un impulso económico en las comunidades costeras y puede llegar a ser un incentivo para la conservación de los cetáceos, ya que, bien manejada puede ser una actividad no letal que permita aumentar la conciencia pública y brinde información sobre estos organismos y su ambiente. Sin embargo, aunque la ley panameña establezca que los operadores que brinden el servicio deben contar con "Folletos con explicaciones, instrucciones y advertencias sobre la actividad, comportamiento y los hábitos de importancia ecológica para los cetáceos" no existía dichos materiales para campo y el conocimiento sobre las especies y zonas de avistamiento no era lo suficientemente claro. Por lo tanto, el objetivo de este proyecto fue generar herramientas visuales que simplifiquen las principales normas para el avistamiento responsable de cetáceos en aguas panameñas y divulgar las mismas a los prestadores de servicios turísticos del Parque Nacional Coiba (PNC). La zona de investigación (para cetáceos) fue el archipiélago de Coiba y la zona de divulgación fue la comunidad de Santa Catalina, estas ubicadas en el Pacífico de Panamá. Para definir las especies de cetáceos y las zonas de avistamientos se llevó a cabo el compendio de tres metodologías: observación directa de los animales, revisión bibliográfica y encuestas abiertas a los operadores de turismo y/o embarcación. Con dicha información se crearon folletos a prueba de agua que resaltaran 1) las reglas más importantes para el avistamiento de cetáceos en aguas panameña; 2) la importancia de los cetáceos; 3) las especies encontradas en el PNC. Los resultados obtenidos indican que son 3 las especies de cetáceos más comunes: Megaptera novaeangliae, Stenella attenuata y Tursiops truncatus; 3 las especies observadas en ocasiones: Balaenoptera brydei, Pseudorca crassidens y Stenella longirostris; y 4 las especies raramente avistadas: Orcinus orca, Steno bredanensis, Physeter macrocephalus y Globicephala macrorhynchus. Por otra parte, se obtuvo que la zona noreste de la isla es mayormente preferida por los operadores de embarcación, debido a su cercanía con la costa y con variedad de playas que son favorables para sus paquetes de tours. El esquema completo de los resultados obtenidos se divulgó dentro de la comunidad a través de 3 talleres, concluyendo la capacitación de 48 operadores de turismo/embarcación dentro de la comunidad.

Palabras clave: cetáceos, avistamiento, comunidad, Coiba, Pacífico
Keywords: cetaceans, sighting, community, Coiba, Pacific

¡Gigantes del Caribe amenazados! Posters educativos para la divulgación del estado de conservación de los mamíferos marinos del Caribe Colombiano

Autoras: Ríos Ulloa Karol Dayan* [1]; Ramírez Martínez Nayibe Carolina[2]

1 Estudiante de la Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional, correo: kdriosu@upn.edu.co.

2 Egresada de la Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional, correo: Ncramirezm@upn.edu.co
*(Rios Ulloa realizará la presentación oral)

Resumen:

Los mamíferos marinos constituyen un grupo clave para el funcionamiento de los ecosistemas marino-costeros, al participar en la regulación de las redes tróficas, el transporte de nutrientes y el mantenimiento de la biodiversidad (Trujillo et al., 2013). En el Caribe colombiano, estos organismos enfrentan múltiples amenazas de origen antrópico que comprometen su conservación, entre ellas la captura incidental en artes de pesca, las colisiones con embarcaciones, la contaminación química y acústica, la degradación de hábitats costeros, el turismo no regulado y los efectos del cambio climático (Trujillo et al., 2013). Estas presiones afectan tanto a sirenios como a cetáceos presentes en la región, entre los cuales se destacan especies en categorías de amenaza como Vulnerable (VU) o en Peligro (EN). Entre los casos más representativos se encuentra el manatí antillano (*Trichechus manatus*), categorizado VU, cuyas poblaciones en el Caribe colombiano presentan fragmentación y disminución asociadas a la pérdida de hábitat, la caza ilegal y la contaminación. Asimismo, cetáceos como el cachalote (*Physeter macrocephalus*), el delfín costero (*Sotalia guianensis*) y la ballena jorobada (*Megaptera novaeanglie*) enfrentan alteraciones en sus áreas de reproducción, incremento del ruido submarino e interacciones negativas con actividades humanas (Trujillo et al., 2013; Caicedo-Herrera et al.,2018). Estas especies, además de su relevancia ecológica, funcionan como indicadores de la salud de los ecosistemas marinos y poseen un alto valor cultural y educativo. Sin embargo, su estado de conservación y las problemáticas que enfrentan no siempre son ampliamente comprendidas por el público general, lo que evidencia la necesidad de fortalecer procesos de educación y divulgación orientados a la alfabetización oceánica y al reconocimiento del océano como un sistema socioecológico. En este contexto, la presente propuesta tuvo como propósito diseñar e implementar una estrategia de divulgación científica llamada “Gigantes marinos amenazados” donde se crearon posters educativos para su visibilización en el Instagram del semillero de investigación “Educazul” de la Universidad Pedagógica Nacional. La divulgación científica se entiende aquí como un

proceso de mediación entre el conocimiento científico y diversas audiencias, que posibilita la circulación social de conocimiento biológico más allá de los espacios académicos formales (Glock et al., 2024). Desde esta perspectiva, no se trata únicamente de simplificar la información científica, sino resignificarla en función de los contextos socioculturales y de las problemáticas ambientales contemporáneas. La metodología propuesta contempla cuatro fases. En primer lugar, se realizará una revisión bibliográfica (Trujillo et al.,2013). Posteriormente, se diseñaron ocho posters educativos aplicando criterios de comunicación visual y divulgación científica, adaptadas al formato de Instagram; y este, fue sometido a un proceso de validación académica por expertos y revisión interna del equipo de Educazul. Finalmente, los posters fueron publicados y analizados con métricas iniciales de alcance e interacción mediante Instagram Insights. En conclusión, esta propuesta reconoce el potencial de los entornos digitales para la educación ambiental y posicional al maestro en formación en biologia como mediador entre la ciencia y la sociedad, contribuyendo al fortalecimiento de la conciencia sobre la conservación de los mamíferos marinos del Caribe colombiano.

Referencias:

Trujillo, F., A. Gärtner, D. Caicedo y M. C. Diazgranados (Eds.) (2013). "Diagnóstico del estado de conocimiento y conservación de los mamíferos acuáticos en Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Fundación Omacha, Conservación Internacional y WWF". *Bogotá, 312 p. <https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/diagnostico_mamiferos_acuaticos_colombia___baja.pdf>* Caicedo-Herrera, D., Becerra, C., Duque, l., Trujillo, f; Ortiz, E; Rosso-Londoño, M & Mignucci, A (2018). *"Cetáceos, sirenios y tortugas Guía de identificación para el Caribe y Pacífico colombiano"* <https://omacha.org/wp-content/uploads/2020/06/cetaceos-sirenios-tortugas-guia-identificacion-caribe-pacifico-colombiano.pdf> *Glock, N; Grunfeld de Luca, A & Aparecida, S (2024).* "La divulgación científica en la enseñanza de las ciencias a través de géneros discursivos: casos de enseñanza e investigación"*<https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2023000400173>* Sidorenko, P; Cabezuelo, F & Herranz de la Casa, J (2021). *"Instagram como herramienta digital para la comunicación y divulgación científica: el caso mexicano de @pictoline"* <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8093846> *Ignacio, J; Trillo, M & Olvera, M (2022).* "La divulgación científica en Instagram: usos y estrategias desde la praxis chilena". *<https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-367X2022000300012>.* Torres, L (2021). *"Diseño y divulgación científica de contenidos digitales en Instagram y TikTok sobre moluscos marinos"* <https://www.researchgate.net/publication/355158653_Diseno_y_divulgacion_cientifica_de_contenidos_digitales_en_Instagram_y_TikTok_sobre_moluscos_marinos> *CAR SPAW RAC (s.f).* "Maleta pedagógica DESCUBRIENDO LOS MAMÍFEROS MARINOS DEL CARIBE"*. <https://www.car-spaw-rac.org/IMG/pdf/plaquette_pro_malette_pe_dagogique_esp2.pdf>

1. Estudiante de la Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional, correo: kdriosu@upn.edu.co. [↑](#footnote-ref-1) 2. Egresada de la Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional, correo: Ncramirezm@upn.edu.co [↑](#footnote-ref-2)

Lecturas del paisaje: aproximación semicualitativa a la cartografía histórica para caracterizar la percepción de servicios ecosistémicos en la Ciénaga Grande de Santa Marta (XVIII - XX) / Reading the landscape: a semi-qualitative approach to historical cartography for characterizing the perception of ecosystem services in the Ciénaga Grande de Santa Marta (18th–20th centuries)

Autores: Camilo González Espinosaa*, María Angélica Parraa, Sandra Vilardyb, Nara Fuentes Crispínc, Catalina González-Arangoa a. Laboratorio de Palinología y Paleoecología Tropical, Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia [b.] Facultad de Administración, Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia [c.] Investigadora. PhD en Historia. Universidad Nacional de Colombia.

Resumen:

La Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), ubicada en la costa Caribe de Colombia, es un sistema socioecológico que sustenta algunos de los manglares más extensos del país. Desde la segunda mitad del siglo XX, las transformaciones derivadas de las actividades antrópicas de creciente impacto han comprometido progresivamente su integridad ecológica, debilitando su capacidad para para sostener las contribuciones de la naturaleza a las personas (NCP). Este deterioro no solo responde a presiones directas sobre el ecosistema, sino a un conjunto de procesos sociales subyacentes que han configurado históricamente la relación sociedad- naturaleza que se expresa en las formas de uso y apropiación del territorio. Así pues, la identificación de las causas subyacentes es fundamental para avanzar hacia transformaciones que aborden de manera estructural la pérdida de biodiversidad. Sin embargo, por su índole indirecta, su reconocimiento ha sido insuficiente, especialmente mediante aproximaciones centradas en variables biofísicas o impactos directos. En ese sentido, es relevante el desarrollo de aproximaciones metodológicas que permitan abordar estas dinámicas con implicaciones ecológicas desde una perspectiva histórica y social. Bajo esta premisa, la presente investigación tiene como objetivo proponer e implementar una metodología basada en cartografía histórica para caracterizar la percepción de NCP en la CGSM. Por lo tanto, se discute el diseño e implementación de una metodología novedosa de análisis semicualitativo basada en cartografías históricas de la CGSM para el período de los siglos XVIII–XX, la cual se estructura a partir de decodificación, análisis temático y de contenido, en paralelo con cartografía comparativa para caracterizar patrones de representación del territorio asociados a la valoración de NCP que permiten aproximarse a procesos sociales subyacentes. Los resultados evidencian una subrepresentación persistente de componentes clave de la interfaz marino-costera, particularmente lagunas costeras y bosques de manglar, frente a un predominio de elementos asociados al continente. Asimismo, los espacios específicos representados se vinculan recurrentemente con procesos de ocupación durante los periodos colonial y republicano. En conjunto, las representaciones analizadas revelan un sesgo

hacia componentes del territorio asociados al usufructo económico. Asimismo, a lo largo del tiempo se observa una ampliación progresiva en la diversidad de NCP representadas, pasando de un énfasis inicial en contribuciones materiales a la incorporación de funciones de regulación y dimensiones no materiales, con indicios de reconocimiento de sus interrelaciones. Esto sugiere que las representaciones cartográficas no operan únicamente como registros, sino como dispositivos que orientan y estructuran su ocupación. Al privilegiar ciertos espacios, funciones y relaciones, estas contribuyen a consolidar lecturas utilitarias del sistema que se articulan con procesos históricos de ocupación y aprovechamiento. Asimismo, se evidencia que dichas representaciones se inscriben en dinámicas más amplias, en las que eventos sociales y ambientales actúan como catalizadores de transformaciones ecológicas, reforzando trayectorias establecidas. En conclusión, este enfoque histórico-cartográfico permite evidenciar cómo las representaciones cartográficas del territorio reflejan y configuran cambios en la percepción del ecosistema. En la CGSM, estas responden principalmente a intereses económicos, con una progresiva ampliación en el reconocimiento de su complejidad, aportando una vía para aproximarse a dimensiones socioecológicas subyacentes a la pérdida de biodiversidad.

Palabras clave: Ciénaga Grande de Santa Marta, contribuciones de la naturaleza a las personas, ecología histórica, cartografía histórica, análisis cualitativo
Keywords: Ciénaga Grande de Santa Marta, nature's contributions to people, historical ecology, historical cartography, qualitative analysis

Ni quietos ni a la deriva: Infancias que cuidan, narran y producen el Maritorio de Barú.

Autores: María José Arrieta Mosquera, Maestra en Antropología Visual, Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.

Resumen: El objetivo principal fue documentar las formas en las que infancias baruleras apropian y significan su maritorio, particularmente los manglares, y explorar el potencial de la investigación basada en artes para la producción de conocimiento situado y sensible. Desde un enfoque etnográfico, el trabajo de campo se desarrolló en colaboración con el grupo de educación popular *Ecobiovi*, liderado por el líder comunitario Wilner Gómez, y tuvo un carácter multimodal (Kress y van Leeuwen, 2001). La metodología fue planteada como un mosaico que integró el cuidado de un vivero de mangle rojo, la pesca desde el muelle, recorridos maritoriales, ejercicios de dibujo, escritura creativa, diarios fotográficos y producción audiovisual. El lenguaje visual y narrativo fue entendido como un corpus legítimo para el análisis. Los resultados muestran que las infancias producen el espacio (Lefebvre, 1974) a través de prácticas cotidianas como la pesca, la siembra de propágulos o la tradición oral. Desde el ejercicio narrativo y de autorrepresentación, los manglares fueron reconocidos como espacios de importancia ecológica, pero también como bosques cargados de memoria, afectos, espiritualidad y proyección de futuros posibles. Las representaciones de las niñas y niños no son un reflejo pasivo de la realidad, sino una reconfiguración de la vida comunitaria, que amplía lo percibido desde el mundo adulto y resalta formas propias de cuidado y apropiación del espacio. Finalmente, las artes y la producción audiovisual fueron herramientas para narrar Barú desde una perspectiva local, y de actores comunitarios generalmente invisibilizados en la investigación, expandiendo las posibilidades del ejercicio etnográfico. Desde la antropología visual y la geografía crítica, estos hallazgos permiten comprender el maritorio como un espacio vivido (Lefebvre, 1974), donde convergen dimensiones ecológicas, culturales y afectivas (Smith et al., 2009). La investigación basada en artes tensiona enfoques positivistas, pues posiciona las imágenes y narrativas de ficción como formas de pensamiento que descentran lo verificable. La educación popular en *Ecobiovi* permite cuestionar las relaciones adultocéntricas comunes en los procesos de educación ambiental, pues reconoce que el conocimiento proviene del hacer, del cuerpo y de la experiencia compartida con el entorno (Medina et al., 2022) de cada uno de los participantes. Las infancias en Barú no heredan pasivamente un maritorio en crisis, ellos participan activamente en su reconfiguración, pues producen espacios de cuidado y esperanza (Harvey, 2000). La investigación demuestra que la pedagogía y la coinvestigación con infancias (Liebel y Martínez, 2024) son fundamentales para fortalecer procesos de apropiación del espacio y justicia ambiental.

En Barú, en medio del contexto de crisis climática y permanentes conflictos por el uso del espacio, el concepto de maritorio (PUCV, 1971) propone un análisis socioecológico que supera la separación entre tierra y mar. Esta investigación, situada en el caribe colombiano, parte de reconocer a las infancias como

actores activos y centrales en la producción de sentidos sobre el maritorio que habitan. A través de prácticas pedagógicas locales y la exploración de lenguajes artísticos diversos, niños y niñas narran, cuidan y transforman, simbólica y materialmente, el maritorio de Barú.

Palabras clave: Maritorio, infancia, apropiación del espacio, educación popular, investigación basada en artes. Datos de la autora: Maria José Arrieta Mosquera, Maestra en Antropología Visual, Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.

Referencias:

PUCV Escuela de Arquitectura. (1971). Maritorios de los Archipiélagos de la Patagonia Occidental. Fundamentos de la Escuela de Arquitectura. Universidad Católica de Valparaíso. Santiago de Chile: Talleres del Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas. Kress, Gunther y Theo van Leeuwen. (2001). Multimodal discourse. The modes and media of contemporary communication. Londres:Arnold. Lefebvre, Henri. (1974). La Producción del espacio. Traducido por Emilio Martínez. 2013. España: Capitán Swing. Smith, Mick; Joyce Davidson; Laura Cameron y Liz Bondi. (2009). “Geography and emotion - emerging constellations”. En Emotion, Place and Culture. Farnham: Ashgate Publishing Ltd. Medina, Patricia y Flor Marina Bermúdez coord. (2024). La otra formación docente. Geo/pedagogías latinoamericanas descolonizadoras. Territorios otros desde la Madre Tierra. Vol 2. Chiapas: Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Harvey, David. (2000). Spaces of Hope. Edimburgo: University Press. Liebel, Manfred y Marta Martínez. (2024). Niñas y niños investigadores en América Latina. Cuestionando la investigación académica. Desidades 38: 35-53.

Pódcast y conciencia marino-costera: estrategia digital para la cultura oceánica en Colombia / Podcast and coastal awareness: a digital strategy for ocean literacy in Colombia

Autores: Liseth Castillo[1], especialista en gestión estratégica de la comunicación.

[1] Instituto de investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR), Colombia.

Resumen:

La cultura oceánica es un eje estratégico para la sostenibilidad de los territorios marino-costeros y ha sido reconocida como componente fundamental para la gobernanza del océano (UNESCO, 2017). En Colombia, pese a su condición bioceánica, persiste una brecha entre la producción científica marina y su apropiación social, fenómeno descrito en la comunicación pública de la ciencia (Bucchi & Trench, 2014). Para reducir esta brecha, se creó un pódcast de divulgación científica marina orientado a traducir resultados de investigación en contenidos accesibles, fortalecer la conciencia marino-costera y posicionar temas ambientales prioritarios en la agenda pública. En este contexto, la comunicación digital actúa como mecanismo para democratizar el conocimiento (Jenkins, 2006). El estudio evaluó el desempeño e impacto comunicativo del pódcast mediante un análisis descriptivo de métricas digitales acumuladas entre junio de 2022 y febrero de 2026 en Spotify (inicio en 2022) y YouTube (inicio en 2024). Se analizaron reproducciones, impresiones, vistas, seguidores, retención promedio, perfil demográfico, distribución geográfica, desempeño temático y periodicidad editorial (seis episodios anuales). Para evitar sesgos por el desfase entre plataformas, se emplearon promedios anuales y por episodio. Los resultados evidencian 3.049 reproducciones acumuladas en Spotify y aproximadamente 2.700 vistas en YouTube, con 39.857 impresiones en esta última plataforma; el promedio por episodio es comparable entre plataformas (≈145 en Spotify y ≈128 en YouTube), pese al menor tiempo de posicionamiento audiovisual. El 69,5% de la audiencia se concentra en Colombia y el 11,1% en México, con alcance en 36 países; el 57,7% corresponde a población entre 23 y 34 años, con predominio femenino (58,2%). El 78% del tráfico en Spotify proviene de búsquedas activas, lo que indica consumo intencional de contenidos especializados. Los episodios con mayor desempeño abordan carbono azul, pastos marinos, erosión costera y arrecifes coralinos, evidenciando interés sostenido en cambio climático marino y ecosistemas estratégicos; en YouTube, varios contenidos superan el 40–50% de retención promedio, lo que sugiere consumo profundo y no incidental. El formato sonoro-audiovisual facilita el acceso voluntario a información científica, amplía el alcance territorial y posiciona la agenda ambiental en públicos jóvenes. Aunque la periodicidad ha permitido consolidar la estrategia, la ausencia de instrumentos para medir cambios en conocimiento o comportamiento limita la evaluación del impacto formativo, y el desfase entre plataformas restringe comparaciones longitudinales. Se concluye que el pódcast es una herramienta efectiva de comunicación

estratégica para fortalecer la cultura oceánica, con alcance internacional, consumo intencional y alta retención. Se posiciona como mecanismo complementario de apropiación social del conocimiento marino en Colombia. El pódcast 'Hablemos Sobre Océanos' del INVEMAR se desarrolla en el marco del proyecto misional "Investigación para la generación y la democratización del conocimiento, orientado a generar justicia ambiental, resiliencia climática, desarrollo sostenible y ordenamiento de los territorios marinos y costeros de interés Nacional (BPIN)", en la actividad 1.4.12 y el objetivo de "ampliar el conocimiento sobre el funcionamiento del océano, su aprovechamiento, los impactos a los que está sometido y los mecanismos que promuevan la justicia ambiental y la gobernanza inclusiva".

Palabras clave: cultura oceánica, apropiación social del conocimiento, comunicación científica, pódcast, educación ambiental marina.
Keywords: oceanic literacy, social appropriation of knowledge, scientific communication, podcast, marine environmental education.

Referencias:

1. UNESCO. (2017). Ocean literacy for all: A toolkit. Paris: UNESCO. 2. Bucchi, M., & Trench, B. (2014). Routledge handbook of public communication of science and technology. Routledge.

3. Jenkins, H. (2006). Convergence culture: Where old and new media collide. New York University Press.

Potencial educativo para la conservación de la biota de Isla la Plata (Bahía Málaga, Colombia)

Autores: Martha Jeaneth García Sarmiento[1*], Héctor Leonardo Guzmán Suárez[2], Yazmín Andrea Patiño Castañeda[3]

[1]Licenciada en Biología, Magíster en Ciencias Sistemática Área Zoología, profesora Departamento de Biología Universidad Pedagógica Nacional, Coordinadora Museo de Historia Natural UPN.

[2]Antropólogo, Magíster en Estudios Sociales, profesor Departamento de Biología Universidad Pedagógica Nacional.

[3]Licenciada en Biología, Magíster en Desarrollo Educativo y Social, candidata a doctora en Estudios Sociales, profesora Departamento de Biología Universidad Pedagógica Nacional. (*Martha Jeaneth García Sarmiento hará la presentación oral).

Resumen:

Desde el 2023, en el marco de las propuestas de formación de docentes del Departamento de Biología de la Universidad Pedagógica Nacional Bogotá, y con ocasión de las salidas de campo de las Licenciaturas en Biología y en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, algunos profesores y estudiantes hemos visitado semestralmente el sector de Isla La Plata, Bahía Málaga (Valle del Cauca, Pacífico Colombiano), que es una de las zonas estratégicas para la protección de la biodiversidad del país. Durante estas visitas, y con la colaboración del líder del Consejo Comunitario Santiago Valencia y otros miembros de la comunidad, se han recorrido diferentes ecosistemas de la región incluyendo entre otros bosques de natal, manglares, naidizales, fondos lodosos y riscales. También se ha reconocido la biota asociada a cada uno de ellos y documentado los aspectos biológicos y culturales de la misma. Acá, se explora precisamente el potencial que tienen algunos de estos organismos marinos para fomentar procesos de educación para la conservación de la biodiversidad local. Esto se hace a partir del referente que el Grupo de Investigación Sospqua Zine ha denominado prospección biocultural para la educación en pro de la conservación. La información de la biota se ha levantado a través de registros escritos (diario de campo), fotográficos y de video, matrices y/o cartografías, durante las temporadas de campo efectuadas hasta la fecha. Destaca de la biota en mención: 1) que tiene formas atractivas y por lo mismo son fáciles de reconocer; 2) que constituye ejemplo de grupos megadiversos; 3) que parte de ella está incluida en listas de especies amenazadas; 4) que son especies clave en los ecosistemas que habitan; 5) que son objeto de iniciativas locales de gestión para la conservación; 6) los conocimientos y los usos comunitarios asociados a estos organismos (con un amplio registro espacio-temporal); 7) el interés de los lugareños por compartir dichos saberes y usos con propios y visitantes; 8) que hacen parte de variadas expresiones artísticas; 9) que

fundamentan las apuestas por el territorio, la cultura y la identidad negra de la región. Se espera que el trabajo aporte significativamente a la consolidación y fortalecimiento de procesos formativos en pro de la conservación de la biota local y de la protección de los conocimientos y usos comunitarios asociados a ella, en el marco de las iniciativas locales en torno a la educación.

Palabras clave: Educación, Conservación, Biodiversidad, Pacífico Colombiano
Keywords: Education, Conservation, Biodiversity, Colombian Pacific.

Proyecto Palaa: experiencias de cocreación para la conservación del recurso hídrico marino y costero en la media y alta Guajira / Palaa project: co-creation experiences for the conservation of marine and coastal water resources in middle and upper Guajira

Autores: Catalina Arteaga-Flórez.[1]*; José Manuel Gutiérrez-Salcedo; Carolina Rosada-

[1]Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andréis" INVEMAR, Colombia (*Catalina Arteaga Flórez realizará la presentación oral)

Resumen:

Los procesos de cocreación con comunidades constituyen un enfoque transformador para la construcción colectiva del conocimiento, basado en el diálogo horizontal entre saberes científicos y tradicionales. En este marco, el proyecto "Fortalecimiento de las destrezas de la comunidad de la Media y Alta Guajira en la apropiación del recurso hídrico marino y costero de la región", denominado PALAA ("La Mar" en Wayuunaiki), tuvo como objetivo fortalecer las capacidades comunitarias para la apropiación y conservación del recurso hídrico marino y costero en La Guajira. Ejecutado entre julio del 2021 y agosto del 2025, el proyecto trabajó con 15 comunidades de los municipios de Riohacha, Manaure y Uribia, involucrando autoridades tradicionales, líderes locales, estudiantes, comunidad general y científicos. El proyecto inició con un diagnóstico para evaluar el grado de apropiación respecto a la conservación del recurso hídrico, considerando tres pilares: conocimiento, sensibilidad y participación; permitiendo identificar fortalezas y áreas de oportunidad para diseñar estrategias de cocreación orientadas a la conservación, prevención de impactos y valorización de los ecosistemas marino y costeros, integrando la ciencia con conocimiento tradicional. Cómo resultados, se encuentra la cocreación de "Hilos de Palaa", una colección de tres tomos desarrollada con 12 comunidades que combina relatos, ilustraciones, fotografías y material audiovisual con conocimiento científico sobre biodiversidad, ecosistemas y sus servicios. Esta obra se consolidó como una herramienta de empoderamiento comunitario y de fortalecimiento del diálogo intercultural, visibilizando los saberes locales como elementos clave para la conservación ambiental. Además, se cocreó una metodología pedagógica dirigida a niños, niñas y adolescentes, que se implementó y evaluó en seis instituciones educativas de la media y alta Guajira. La metodología incluyó una guía, una cartilla, 17 videos animados y material audiovisual complementario, mediante los cuales los estudiantes comprendieron los ecosistemas marinos y costeros, los efectos del cambio climático y el valor del conocimiento tradicional, fortaleciendo una educación ambiental con raíces culturales y científicas. Finalmente, se cocreó con 15 comunidades, la Exposición Comunitaria PALAA, del Museo Itinerante MAKURIWA, basada en fotografía y centrada en la biodiversidad del territorio; siendo exhibida en las tres cabeceras municipales y el Cabo de la Vela, generando experiencias inmersivas que fortalecieron sentido de pertenencia, identidad cultural y conciencia ambiental. Al cierre del proyecto, el

indicador de apropiación pasó del 45 % al 81 %, reflejando un impacto tangible en fortalecimiento de la apropiación del conocimiento para la conservación del recurso hídrico. El proyecto PALAA se consolida como una experiencia pionera en Colombia, integrando ciencia y conocimiento tradicional mediante procesos participativos y comunitarios, con un alcance aproximado de 35.000 personas impactadas. Esta experiencia evidencia que la apropiación social del conocimiento del mar es fundamental para la sostenibilidad de los ecosistemas marino y costeros, fortaleciendo capacidades locales y relaciones corresponsables con el entorno, y estableciendo bases sólidas para la replicabilidad y conservación a largo plazo en otras regiones del país. El proyecto fue financiado con recursos del Sistema General de Regalías y ejecutado por INVEMAR en alianza con Corpoguajira y con comunidades de la Media y Alta Guajira.

Palabras clave: Cultura Oceánica, Conservación Ambiental Marina, Conocimiento ancestral, Educación Ambiental, Divulgación Participativa.
Keywords: Oceanic Culture, Marine Environmental Conservation, Ancestral Knowledge, Environmental Education, Participatory Outreach.

Señas que conectan con el océano

Autores: Isabela Katime[1], Paula Sierra-Correa PhD[1], Laura Herrán[2] y Yorely López[2]. [1.] Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andréis", INVEMAR. Colombia. [2.] Licenciada en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional.

Resumen:

La educación oceánica nunca ha sido tan urgente como en el contexto actual, marcado por el Decenio de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible, que convoca a fortalecer la alfabetización oceánica, democratizar el conocimiento y promover una relación más consciente entre la sociedad y el mar. En Colombia, según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE (2019), más de 314.000 personas presentan discapacidad auditiva, una población históricamente excluida de procesos de educación científica por barreras de acceso y comunicación. En este contexto surge "Océano en señas", una iniciativa pionera desarrollada entre 2021 y 2022 que articula ciencia, inclusión y educación para acercar el conocimiento oceánico a la comunidad sorda en Colombia. El proyecto parte del principio de que solo se protege aquello que se conoce, y reconoce la necesidad de generar herramientas pedagógicas accesibles, cultural y lingüísticamente pertinentes. La fase inicial se desarrolló en Bogotá con la participación de diez personas sordas, quienes hicieron parte de talleres basados en los siete principios de la cultura oceánica. Como componente experiencial, los participantes tuvieron la oportunidad de conocer el mar y su biodiversidad, fortaleciendo la apropiación del conocimiento a partir del contacto directo con los ecosistemas marinos. Una segunda fase de activó cuando la metodología se replicó en comunidades sordas de Santa Marta y San Andrés, donde se aplicaron encuestas y entrevistas semiestructuradas en Lengua de Señas Colombiana (LSC). Los resultados evidenciaron brechas significativas: el 75% de los participantes en Santa Marta y el 73% en San Andrés manifestaron no haber recibido educación sobre el océano, lo que reafirma la urgencia de estrategias inclusivas en este campo. A partir de los procesos formativos, se generaron espacios de diálogo e intercambio entre participantes de distintas regiones, dando lugar a talleres temáticos sobre biodiversidad y bioluminiscencia, apoyados en colecciones científicas como las del Museo de Historia Natural Marina de Colombia, Makuriwa. Uno de los principales resultados fue la co-creación de 120 señas relacionadas con conceptos oceánicos, desarrolladas mediante un enfoque participativo que integró la explicación científica en LSC, la apropiación conceptual y la construcción colectiva del signo a través de discusión guiada. Este material fue sistematizado en recursos audiovisuales disponibles en plataformas digitales, constituyéndose en una herramienta educativa innovadora para procesos de alfabetización oceánica, divulgación científica y formación inclusiva en el país, proyectando incluirse en el tesauro oficial del país como recurso educativo para personas sordas en Colombia. "Océano en señas" demuestra que la accesibilidad no solo amplía el alcance del conocimiento

científico, sino que transforma la manera en que se construye, valida y comparte, aportando a una ciencia más diversa, participativa y equitativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2019). Censo nacional de población y vivienda 2018. https://www.dane.gov.co/

Un viaje con la morena marina: actitudes de conservación del semillero grupo ecológico nueva generación. / A journey with the moray eel: conservation attitudes within the nueva generación ecological group

Autores: Brayan Peña[1] *

[1] Universidad Pedagógica Nacional, Departamento de Biología, Línea de investigación Educación en Ciencias y Formación Ambiental.

Resumen:

Este proyecto se desarrolló en el marco de la educación ambiental como una estrategia para la conservación de la biodiversidad marina en el Parque Nacional Natural Tayrona (PNN Tayrona), la cual se configura en una ubicación estratégica tanto por su valor ecológico y cultural como por sus presiones derivadas por el turismo, pesca indiscriminada, contaminación y otras actividades antrópicas que impactan los ecosistemas marino-costeros. En la investigación se tuvo como objetivo el diseño e implementación de una estrategia didáctica que integró la gamificación y la realidad aumentada (RA) para fomentar el conocimiento sobre la importancia ecológica de la morena marina (Familia Muraenidae) y promover actitudes de conservación en los estudiantes del Grupo Ecológico Nueva Generación de la institución educativa Buenos Aires, vinculados al programa Colegio al Parque del PNN Tayrona; La cual se desarrolló con 17 estudiantes de bachillerato, quienes además de participar en sus actividades académicas, tienen la labor de llevar el conocimiento y la conciencia ambiental a la comunidad educativa. De este modo, se aborda el proyecto con un enfoque cualitativo de carácter hermeneútico-interpretativos, empleando técnicas e instrumentos como la observación participante, grabaciones de voz, cuestionarios, cartografía social y registros en cuadernos de campo. Esta estrategia se implementó mediante talleres que incluyeron aplicaciones de RA, con diversas actividades de sensibilización y aplicación de una escala Likert para identificar los cambios actitudinales hacia la conservación. En ese sentido, se evidencia que los estudiantes reconocen algunas problemáticas socioambientales que existen en su territorio, especialmente con los residuos sólidos, manejo del agua y la protección de la biodiversidad, así como algunos conocimientos frente a la morena de mar; sin embargo, estos saberes presentaban vacíos en la comprensión del rol ecológico dentro de las redes tróficas, es por eso, que con la implementación de la estrategia didáctica, permitió ampliar el reconocimiento, apropiación y problematización de estas dificultades ambientales, fortaleciendo procesos de sensibilización que emergen en ejercicios de reflexión crítica sobre el impacto de las acciones humanas en los ecosistemas marinos, lo cual se reflejó con un aumento positivo en las actitudes de conservación de los participantes, particularmente en el tema del cuidado del agua, la reducción de residuos y el respeto por los organismos vivos, proponiendo diversas alternativas de cambio en torno a la prevención y consumo responsable de los recursos disponibles. De esta manera, se reconoce

que, aunque estas actitudes se orientan principalmente a acciones individuales de bajo impacto, estas se constituyen en un punto de partida relevante para la construcción de compromisos colectivos, donde se destaca el valor de las metodologías activas y empleo de tecnologías emergentes en el campo de la educación ambiental. Se concluye que la integración de la gamificación y la realidad aumentada en contextos educativos situados favorece el aprendizaje significativo y fortalece las actitudes hacia la conservación, contribuyendo de este modo a la transformación de precepciones negativas hacia especies poco carismáticas como la morena marina, como alternativa para consolidar la paz y reconciliación entre la naturaleza y el ser humano.

Palabras clave: Parque Nacional Natural Tayrona, Morena de mar, Educación Ambiental, Realidad Aumentada, Actitudes de conservación
Keywords: Parque Nacional Natural Tayrona, Moray Eel, Environmental Education, Augmented Reality (AR), Conservation Attitudes.



Ingenierías y tecnologías aplicadas

Diseños conceptuales de obras verdes para la protección costera del litoral antioqueño / Conceptual designs of green infrastructures for coastal protection of Antioquia coastline

Autores: Geraldin Morelo1*, Juan Diego Mendoza[1], Juan David Patiño[1], Isabel Cristina López[1,] María Camila Aguirre[1], Vladimir G. Toro-Valencia[1], Carlos A. Palacio Tobon[1]

[1] Instituto de Ciencias del Mar, Universidad de Antioquia, Turbo, Antioquia. * Geraldin Morelo hará la presentación oral/póster.

Resumen:

La erosión costera constituye una de las principales problemáticas ambientales y socioeconómicas en el Caribe colombiano, afectando de manera directa infraestructuras, ecosistemas y comunidades costeras. En este sentido se hace necesario el desarrollo de soluciones sostenibles y adaptativas (híbridas) que permitan reducir la energía del oleaje y aumentar la resiliencia del litoral. En este contexto, se han desarrollado diseños conceptuales de obras verdes (híbridas) orientadas a la protección costera en sectores con dinámica erosiva dominante del litoral antioqueño. Este trabajo tiene un enfoque interdisciplinario que integra información del monitoreo multitemporal de la línea de costa, levantamientos topográficos y batimétricos, mediciones oceanográficas, análisis histórico de la evolución de la línea de costa y modelación numérica hidrodinámica y morfodinámica. Un componente fundamental del proceso fue la incorporación y análisis de información secundaria derivada de literatura científica y de experiencias documentadas en otros contextos costeros con problemáticas similares y de obras realizadas por las comunidades costeras. Esta revisión permitió establecer una línea base conceptual para la definición de tipologías y criterios geométricos preliminares, los cuales fueron posteriormente ajustados y adaptados a las condiciones particulares del litoral del Golfo de Urabá. En este marco, se desarrollaron diseños conceptuales para los sectores de Playa Dulce, Bahía el Uno y Punta de Piedra, en el municipio de Turbo, así como para el sector el Cementerio, Neco-botes y el Totumo, en Necoclí. En estos sitios se formularon alternativas de obras verdes tales como celdas experimentales rocosas para disipación del oleaje, barreras permeables orientadas a favorecer la retención y redistribución de sedimentos, regeneración de playas, tablestacados y estabilización de taludes. Los diseños conceptuales de las obras se definieron a partir del análisis integrado de información en campo. Con base en esta información, las dimensiones y localización preliminar de las obras se estimaron en función de la extensión del tramo a intervenir, tipo de intervención propuesta y criterios de diseños derivados de la literatura científica, garantizando su viabilidad constructiva bajo las condiciones particulares de cada sitio. Se destaca que la articulación entre monitoreo, modelación y diseño conceptual favorece la coherencia técnica de las propuestas y constituye la base técnica para la toma de decisiones y su eventual transición hacia fases

posteriores de diseños de ingeniería. Se concluye que los diseños conceptuales de obras verdes representan una herramienta estratégica para la planificación de medidas de protección costera, permitiendo la toma de decisiones de ingeniería bajo criterio de sostenibilidad, adaptación al cambio climático y gestión integrada de litoral.

Palabras clave: Erosión costera, protección costera, soluciones verdes, Golfo de Urabá, Caribe colombiano, PIMECLA
Keywords: Coastal erosion, coastal protection, Green solutions, Gulf of Uraba, Colombian Caribbean, PIMECLA

Diseños a escala de ingeniería de soluciones basadas en naturaleza para protección costera Golfo Urabá / Engineering-scale designs of nature-based solutions for coastal protection in the Gulf of Urabá

Autores: Jorge Armando Castro[1*], María Camila Aguirre[2], David Martínez[3], Juan Diego Marín[4], Paola Vargas[5], Nayive Jaramillo[6], Geraldin Morelo[7], María Fernanda Sierra[8], Sergio Restrepo[9], Vladimir G. Toro[10], Sara Gutierrez[11]

[1] Candidato a Doctor en Ingeniería de Materiales, Universidad de Antioquia, Colombia.

[2] Estudiante de Maestría en Ciencias del Mar, Universidad de Antioquia, Colombia.

[3] Ingeniero Civil, Universidad de Antioquia, Colombia.

[4]Estudiante de Maestría en Ingeniería Civil, Universidad de Antioquia, Colombia.

[5]Estudiante de Doctorado en Ingeniería de la construcción, Universidad Politécnica de Valencia, España.
[6]Doctora en Ingeniería Sísmica y Dinámica Estructural, F'c Control y diseños de estructuras S.A.S, Colombia.

[7]Magister en Ciencias del Mar, Universidad de Antioquia, Colombia.

[8]Especialista en Formulación y Evaluación de Proyectos Públicos y Privados, Universidad de Antioquia, Colombia.

[9]Especialista en Ingeniería de Recursos Hídricos, Universidad de Medellín, Colombia.

[10]Doctor en Oceanografía física, Instituto de Ciencias del Mar, Universidad de Antioquia, Colombia.

[11]Estudiante de Oceanografía, Universidad de Antioquia, Colombia.

*Jorge Armando Castro hará la presentación oral/poster

Resumen:

La franja costera del Golfo de Urabá, en el departamento de Antioquia (Colombia), enfrenta procesos de erosión que amenazan sectores urbanos, infraestructura turística y ecosistemas estratégicos en sus municipios costeros. Frente a este contexto, el programa PIMECLA busca fortalecer la gestión del riesgo costero mediante el desarrollo de soluciones de ingeniería sustentadas en análisis científicos y técnicos integrales. En el marco de este programa, el presente trabajo desarrolló diseños finales de ingeniería de obras de infraestructura para la mitigación de los procesos de erosión en sectores costeros priorizados del

Golfo de Urabá, a partir de soluciones conceptuales previamente definidas. La metodología se basa en un enfoque interdisciplinario que integra información de clima marítimo, dinámica litoral, transporte de sedimentos, evolución de la línea de costa, niveles del mar y características geomorfológicas del litoral, generada por distintos componentes del proyecto. A partir de estos insumos, el componente de diseños conceptuales define la tipología y localización de las intervenciones, mientras que la actividad de diseños finales ajusta y desarrolla estas propuestas a escala de ingeniería mediante cálculos de estabilidad, criterios de diseño y especificaciones constructivas. Las intervenciones propuestas combinan infraestructura de protección costera con soluciones basadas en la naturaleza, tales como dunas artificiales, estabilización de taludes con control de aguas superficiales y revegetalización, enrocados de protección y estructuras de disipación de energía como barreras y diques permeables. Este tipo de obras contribuye a modificar de manera favorable la dinámica costera, permitiendo que las olas rompan a mayor distancia de la línea de costa, reduciendo la energía que alcanza la playa y favoreciendo procesos de recuperación del perfil litoral. Asimismo, estas intervenciones promueven la regeneración de vegetación endémica, ayudan a controlar la erosión eólica mediante la retención de arena y contribuyen a la estabilización de sedimentos. Como resultado, se elaboran diseños finales de ingeniería para once sectores costeros priorizados en el Golfo de Urabá: Río Hobo y Hacienda Fundadores (Arboletes); Uveros, Damaquiel, Playa Damaquiel y Playa Mirador (San Juan de Urabá); Zapata, El Carlos, Playas Urbanas Zion y El Pescador, y Peñangué (Necoclí); y La Martina (Turbo). El proceso generó los documentos técnicos necesarios para la implementación de las obras, incluyendo diseño estructural, planos de ingeniería, presupuesto, especificaciones técnicas, proceso constructivo y plan de manejo ambiental. Estos productos constituyen insumos fundamentales para la evaluación por parte de la DIMAR y para el posterior proceso de licitación, permitiendo avanzar hacia la implementación de obras de protección costera sustentadas en criterios técnicos y científicos.

Palabras clave: obras verdes, protección costera, erosión, litoral Antioqueño, PIMECLA.
Keywords: green solutions, coastal protection, erosion, Antioquia coastline, PIMECLA.

Identificación de áreas iniciales para operaciones de búsqueda y rescate marítimo mediante asimilación de datos de boyas de deriva

Autores: Serguei Lonin*, Iván Plata, Carlos Romero-Balcucho, Jesús Navarro. Grupo de Investigación en Oceanología, Escuela Naval de Cadetes ”Almirante Padilla”

Resumen:

El *Manual de Búsqueda y Rescate en el Mar* (IAMSAR, 2022) define varias incertidumbres relacionadas con la posición inicial y el tiempo transcurrido entre un accidente y el inicio de las operaciones de búsqueda y rescate. El presente estudio propone un enfoque para abordar este problema mediante la asimilación de datos de boyas de deriva y su uso en la corrección de los parámetros del sistema a través de un problema inverso mal planteado. Se aplica la ecuación de telégrafo para el campo de probabilidad del área de búsqueda, la cual no presenta problemas de propagación infinita de la señal, como ocurre con las ecuaciones parabólicas de difusión. Se plantea un problema inverso mediante la ecuación conjugada y se construye un funcional que depende de los parámetros del modelo, cuyos valores se ajustan mediante el tratamiento de datos de las boyas de deriva lanzadas tras un accidente. El ajuste de los parámetros se realiza aplicando la teoría de perturbaciones pequeñas en el sistema. Los resultados demuestran que, en la búsqueda de objetos en el mar, la incertidumbre sobre su posición inicial debe ser considerada explícitamente. El área inicial de búsqueda, como resultado del modelo, genera mayores áreas (hasta un 50%) en el proceso posterior, realizado mediante la propagación lagrangiana de trazadores, aplicando la ecuación de Langevin.

Palabras clave: Búsqueda y rescate; ecuación de telégrafo; ecuación de Langevin

Aplicación de sistemas de protección portuaria y costera, evaluación hidrodinámica, transporte de sedimentos y potencial energético a partir de turbinas de corriente marina / Hydrodynamic evaluation, sediment transport, and energy potential from marine current turbines

Autores: María Camila Aguirre[1*], Vladimir G. Toro[2], Valeria Chávez[3], Rodolfo Silva[4]

[1] Estudiante de Maestría en Ciencias del Mar, Universidad de Antioquia, Colombia.

[2]Doctor en Oceanografía física, Instituto de Ciencias del Mar, Universidad de Antioquia, Colombia.

[3] Doctora en Ingeniería Civil, Tecnológico de Monterrey, México.

[4] Doctor de Camino, Canales y Puertos, Universidad Nacional Autónoma de México, México. *Maria Camila Aguirre hará la presentación oral/poster

Resumen:

El uso de turbinas de corrientes marinas ubicadas en aguas costeras poco profundas, además de generar energía eléctrica, puede modificar la hidrodinámica y el transporte de sedimentos local, y por consiguiente contribuir potencialmente a mitigar la erosión costera. La erosión costera se ha convertido en una problemática ambiental y socioeconómica asociada a la interacción entre fenómenos naturales (procesos hidrodinámicos y morfodinámicos) y antrópicos. El objetivo de este estudio fue evaluar el régimen medio y extremal de corrientes marinas con el fin de determinar su efecto sobre la hidrodinámica, el transporte sedimentario y la viabilidad de extracción de energía marina mediante la instalación de turbinas en la zona de Puerto Rey (Arboletes, Caribe Colombiano). Para ello, se utilizó una aproximación integrada que combina la caracterización del clima marítimo mediante el modelo SWAN y la modelación numérica hidrodinámica y morfodinámica mediante el modelo Delft3D (FLOW + WAVE) y el módulo SNL-Delft3D-CEC para la simulación de turbinas hidrocinéticas. Variables como el viento y el oleaje se caracterizaron utilizando datos ERA5, a partir de los cuales se definieron condiciones representativas reinantes y dominantes. El forzamiento mareal se obtuvo del modelo TPXO8 y se verificó con registros in situ de nivel del mar. Con base en esta información, se realizaron simulaciones numéricas estacionarias para evaluar un escenario sin y con la presencia de turbinas de eje vertical tipo Savonius y Gorlov. Los resultados sugieren que la dinámica de corrientes en el área de estudio está dominada principalmente por el forzamiento mareal. En condiciones medias, las velocidades (entre 0,10 y 0,15 m/s) y las potencias asociadas a las turbinas fueron bajas. Sin embargo, los mayores valores de potencia se obtuvieron con la turbina Gorlov (promedio ~0,9 W y máximas ~6,95 W). Bajo condiciones extremas meteo-marinas, se observó un incremento en las potencias máximas (hasta 3,5 W para Savonius y 9,6 W para Gorlov), en

sectores donde se presentó la mayor aceleración del flujo. La respuesta morfodinámica en el escenario con turbinas fue espacialmente heterogénea. Bajo condiciones extremas no se identificaron cambios morfológicos relevantes, mientras que, bajo condiciones medias, en el sector de Puerto Rey predominó la acreción frente a la erosión. La configuración Savonius presentó un mayor cambio morfológico (acreción 61% del balance total, 5,2 m^3/m), a pesar de su menor desempeño en términos de potencia. En conjunto, los resultados indican que la interacción entre turbinas, flujo y transporte de sedimentos es principalmente localizada. Además, el aprovechamiento hidrocinético en el área de estudio se encuentra condicionado por la baja magnitud de las corrientes y por el predominio del forzamiento mareal en la dinámica del sistema costero.

Palabras clave: Corrientes marinas, erosión costera, turbinas hidrocinéticas, potencia hidrocinética, Caribe Colombiano
Keywords: marine currents, coastal erosion, hydrokinetic turbines, hydrokinetic power, Colombian Caribbean.

Entrenamiento de un modelo de IA para identificación de peces arrecifales del Caribe Colombiano. / Training an artificial intelligence model for reef fish identification in the Colombian Caribbean

Autores: María Padron[1*], Amarilis Barney[1], Wendy Luque[1], Joleisy Escalona[1], Harold Castillo N[1], Jorge Alvarez G[2].

[1]Grupo de investigación GIBEAM, Universidad del Sinú, Elías Bechara Zainúm, Seccional Cartagena.

[2]Universidad del Sinú, Elías Bechara Zainúm, Seccional Cartagena. *mariaapadron@unisinu.edu.co

Resumen:

El monitoreo de ictiofauna arrecifal en el Caribe colombiano ha presentado limitaciones asociadas a la identificación visual tradicional, debido a su dependencia del observador, el tiempo requerido para el análisis y la dificultad para procesar grandes volúmenes de datos generados en campo. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo desarrollar una herramienta digital basada en inteligencia artificial para la identificación automática de peces arrecifales del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo. Metodológicamente, se implementó un enfoque de aprendizaje automático supervisado mediante el uso de arquitecturas YOLO (v5 y v8), integrando herramientas como Roboflow para la gestión del conjunto de datos y el entrenamiento del modelo. La base de datos visual se ha venido construyendo a partir de imágenes provenientes de repositorios especializados como FishBase y Smithsonian Institution, así como de registros fotográficos obtenidos en salidas de campo. Estas imágenes han sido organizadas en subconjuntos de entrenamiento, validación y prueba, y se ha realizado la anotación manual de los organismos mediante bounding boxes. Asimismo, se han aplicado técnicas de aumentación de datos, incluyendo rotación, escalado, ajustes de brillo y reflexión, con el fin de mejorar la capacidad de generalización del modelo. El sistema se encuentra actualmente en fase de entrenamiento y ajuste, orientado al reconocimiento de patrones morfológicos asociados a las especies objetivo. Dado el estado actual del desarrollo, se ha previsto evaluar el desempeño del modelo mediante métricas estándar en detección de objetos, tales como precisión, exhaustividad y precisión media promedio (mAP50). Se espera que, una vez optimizado, el sistema contribuya a reducir los tiempos de identificación taxonómica, mejorar la estandarización de los procesos y facilitar el análisis de grandes volúmenes de información en programas de monitoreo. En este sentido, el estudio se orienta a explorar el potencial de la inteligencia artificial como herramienta para fortalecer el monitoreo no invasivo de ecosistemas arrecifales, particularmente en contextos regionales donde existe una limitada disponibilidad de modelos entrenados con especies locales. Se proyecta que el desarrollo de este tipo de herramientas represente una alternativa tecnológica

viable para optimizar la generación de información biológica y apoyar procesos de investigación y conservación marina.

Palabras clave: inteligencia artificial; peces arrecifales; visión por computador; aprendizaje automático; Caribe Colombiano.
Keywords: artificial intelligence; reef fish; computer vision; machine learning; Colombian Caribbean.

Impacto de la interacción atmósfera-océano en el índice de estrés térmico y su incidencia en el rendimiento físico de los alumnos de la Escuela de Formación de Infantería de Marina

Autores: Perdomo Londoño Juan David[1] Teniente de Fragata - Decano de investigación - Escuela de Formación de infantería de Marina, Riascos Buesaquillo César Elkin[2]* Ingeniero de sistemas - docente de investigación - Escuela de Formación de Infantería de Marina

Resumen:

La Escuela de Formación de Infantería de Marina enfrenta a un desafío crítico: Los alumnos presentan afectaciones por golpes de calor mensualmente debido a las condiciones climáticas extremas. Esta investigación propone el desarrollo de un Sistema Inteligente de Alerta Temprana para monitorear el riesgo térmico durante los entrenamientos. Utilizando un enfoque cuantitativo y experimental, se analizó la relación entre variables como temperatura y humedad. Los resultados muestran una correlación casi perfecta entre la temperatura ambiente y el índice de calor, demostrando que el ciclo solar determina directamente el riesgo para el personal, con picos críticos.

Palabras clave: Heat Stress Disorders, Military Personnel, Ocean-Atmosphere Interaction, Early Warning Systems, Physical Endurance.

Optimización del sistema de información redcam para la gestión de la calidad ambiental marina en Colombia

Autores: Paola Sofía Obando-Madera[1], Jair José Valdés Carrascal[1] y Luisa Fernanda Espinosa Díaz[1]

[1] INVEMAR – Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras

Resumen:

El Programa Nacional de Monitoreo "*Red de Vigilancia para la conservación y protección de la calidad de las aguas marinas de Colombia – REDCAM*", es una de las estrategias que soporta el componente marino en el Sistema Nacional Ambiental – SINA de Colombia, y es soporte para diversos procesos de gestión del recurso hídrico marino del país. La REDCAM lleva 25 años recolectando información de variables físico-químicas y microbiológicas, y desde el 2017 incorporó el monitoreo de basura marina y microplásticos, información con la cual realiza el diagnóstico de calidad del ambiente marino y costero del país. El sistema de información REDCAM ha sido objeto de un proceso de optimización orientado a mejorar su rendimiento, escalabilidad y capacidad de gestión de datos. Desde el punto de vista tecnológico, el sistema integra servicios desarrollados en Python con el framework Django, articulados con herramientas ESRI (ArcGis), lo que permite ofrecer una experiencia de usuario eficaz e intuitiva, mediante módulos de consulta online para la visualización de agregaciones espaciales y temporales. La arquitectura del sistema emplea una base de datos relacional soportada en el motor ORACLE Database con procedimientos que automatizan la organización y estructuración de datos en arreglos bidimensionales para su disposición en los servicios web. Asimismo, se tienen implementados algoritmos rigurosos de validación y aplicación de banderas de calidad que ejecutan controles de integridad, consistencia lógica y veracidad, asegurando la calidad de los datos antes de su disposición pública. Esta variedad de aplicaciones y funcionalidades han sido construidas acorde con los requerimiento y evolución tecnológica de la red de monitoreo, permitiendo la articulación de la información colectada en los muestreos en la matriz aguas, sedimentos y organismos marinos; actualmente almacena información de más de 30 proyectos lo que representa un acervo digital de cerca de 600.000 registros, con datos de 227 variables ambientales (74 plaguicidas, 15 Microbiológicos, 31 Metales, 22 Hidrocarburo, 50 Fisicoquímicas, 20 tipos de microplásticos y 5 clasificaciones de residuos plásticos), en 1.157 puntos de muestreo registrados, de los cuales 405 están activos. Esta información ha sido recolectada en coordinación con las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible de los departamentos costeros (CORALINA, CORPOGUAJIRA, CORPAMAG, CRA, CARDIQUE, CARSUCRE, CVS, CORPOURABA, CODECHOCO, CVC, CRC y CORPONARIÑO). La base de datos de la REDCAM es reconocida a nivel nacional por los diversos actores que tienen como responsabilidad la administración del recurso hídrico, ya que aporta la información para atender las metas

de país que se canalizan en las políticas, planes y programas de nación, entre los que se destacan el Programa Nacional de Investigación, Evaluación, Prevención, Reducción y Control de las Fuentes Marinas y Terrestres de Contaminación al Mar – PNICM, la Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas insulares de Colombia – PANAOCI, la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico – PNGIRH, en el proceso de ordenamiento del recurso hídrico conforme al Decreto 1076 de 2015, así como los reportes al seguimiento del ODS 14: Vida submarina establecida en el CONPES 3918 de 2018.

Palabras clave: Sistema de información REDCAM,SIAM, base de datos, recurso hídrico marino, zona marino - costera, Colombia.

Evaluación bidimensional de las condiciones hidrodinámicas de un arrecife artificial sumergido usando el modelo sph

Autores: Juan D. Mendoza Betancur[1*], Vladimir G. Toro Valencia[2], Victor J. Saavedra[3], Valeria Chávez[4]

[1]Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Colombia.

[2] Instituto de Ciencias del Mar, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad de Antioquia, Colombia.

[3] Instituto de Ciencias del Mar, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad de Antioquia, Colombia.

[4]Tecnológico de Monterrey, Escuela de Ingeniería y Ciencias, México.

Resumen:

La erosión costera es una de las principales problemáticas ambientales del litoral, afectando las comunidades y los entornos ecológicos. Reconociendo la necesidad apremiante de enfrentar este desafío, las obras verdes se establecen como alternativas innovadoras de protección del litoral. Entre estas, los arrecifes artificiales sumergidos constituyen una solución para la estabilización de las zonas costeras, ya que imitan la función protectora de los arrecifes naturales, reduciendo la energía del oleaje y favoreciendo la conservación del litoral, así como la provisión de servicios ecosistémicos. En este trabajo se evaluó el comportamiento bidimensional de las condiciones hidrodinámicas de un arrecife artificial sumergido, implementado en la zona costera del sector del Cementerio de Necoclí (Colombia). El estudio se desarrolló a partir del diseño de una estructura sumergida tipo arrecife artificial, usando datos topobatimétricos del área de estudio. Se realizaron simulaciones por medio del modelo DualSPHysics para escenarios con y sin la presencia de la obra. Esto permitió la comparación de resultados en términos de coeficiente de transmisión de ola, atenuación de la altura del oleaje y eficiencia de la estructura. Los resultados sugieren una atenuación promedio de 77 % luego de que el oleaje pasa el arrecife sumergido. Adicionalmente, se obtuvo un significativo porcentaje de eficiencia de 72.3 % en cuanto al rendimiento que posee la estructura para la mitigación de las condiciones de oleaje que gobiernan la zona de interés. Sin embargo, los resultados indican que es posible incrementar la atenuación de la energía del oleaje al reducir la distancia entre la cota de coronación del arrecife y la superficie del agua. Asimismo, para una estructura sumergida, un mayor valor de la pendiente de la ola (H/L) favorece una menor transmisión del oleaje, lo que genera un aumento de la eficiencia en la disipación de energía. No obstante, y de acuerdo con los resultados obtenidos, el arrecife artificial sumergido demostró una capacidad significativa para reducir las condiciones energéticas del oleaje en la zona costera del cementerio de Necoclí. Esto en comparación con los escenarios simulados en ausencia de la estructura.

Palabras clave: arrecife artificial, protección costera, coeficiente de transmisión de ola, modelo DualSPHysics.

Arrecifes híbridos como protección frente a la inundación costera y potencial solución basada en la naturaleza

Autores: Torres Toro, Juan Diego; Estudiante MEng; Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín; Colombia Osorio Cano, Juan David; PhD; Universidad Nacional de Colombia Sede Caribe; Colombia. Osorio Arias, Andrés Fernando; PhD; Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín; Colombia

Resumen:

Ante la variabilidad climática y el cambio climático, se han propuesto diversas soluciones de protección costera. Las soluciones grises involucran elementos de concreto. Las soluciones verdes integran elementos naturales para la protección costera y otros co-beneficios. Ambas soluciones por separado presentan sus propios retos. Las obras grises requieren mantenimiento y adaptación generalmente costosos. Las soluciones verdes son sensibles a los extremos de las condiciones del medio. La mezcla de ambas puede combinar los beneficios para la protección costera y generar otros asociados. Este trabajo busca analizar conceptualmente cómo los arrecifes híbridos pueden representar una alternativa de mitigación de la inundación costera, y cómo pueden constituir una solución basada en la naturaleza. Se explora la literatura para construir dos modelos conceptuales, uno que permita comprender cuáles son los diferentes forzadores de los procesos de inundación costera bajo el contexto del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Y otro que enfatiza en los procesos de generación, transformación y disipación de las ondas de gravedad (oleaje y onda infragravitatoria). En ambos se analiza cómo los arrecifes híbridos intervienen y los elementos que lo hacen una SbN. En los procesos de inundación costera, se identifican componentes a diversas escalas espaciales y temporales (Green et al., 2025). El movimiento vertical de la corteza terrestre y el suelo (Oppenheimer et al., 2019; Kopp et al., 2015). El aumento del nivel del mar por cambios en la masa y densidad del agua (Oppenheimer et al., 2019; Maitland et al., 2024). Y cambios en la distribución de las masas de agua por forzadores astronómicos y meteorológicos . Entre estos últimos, los arrecifes híbridos abordan la disipación de la energía de las ondas superficiales del océano, principalmente mediante la rotura y la fricción de fondo, reduciendo el run-up en las playas (Geldard et al., 2025). Su capacidad de protección es dependiente de la profundidad del agua, por lo que conocer las componentes de mayores escalas es necesario. Estas estructuras se componen de una parte gris y otra verde, y promueven algunos beneficios adicionales de acuerdo con el elemento natural establecido, comúnmente corales. Los arrecifes híbridos y de coral reducen la energía de las ondas a través de esfuerzos cortantes, fuerzas de arrastre y fuerzas de inercia, pero su estudio aún es un campo activo. Además, esto abre paso a considerar extender estas estrategias como potenciales SbN que sean sostenibles y adaptables en el tiempo. El archipiélago se encuentra expuesto al aumento global del nivel del mar, pero además a la variabilidad de la ZCIT, la circulación del Caribe, las fases del ENSO y los ciclones tropicales (Torres & Tsimplis, 2012; Orejarena-Rondón et al., 2022; Osorio-Cano et al., 2024). Ya existen

iniciativas en la región Caribe y el archipiélago; sin embargo, en las islas aún se requiere profundizar en elementos clave para su extensión hacia las SbN, como la promoción, financiamiento y sostenibilidad. Para dar paso a los arrecifes híbridos como una alternativa de protección costera, es necesario considerar los múltiples procesos físicos involucrados, las herramientas para representarlos y los elementos clave que constituyen una SbN.

Palabras clave: Infraestructura Verde-Gris, Oleaje, Arrecifes de coral

Referencias:

Geldard, J., Lowe, R. J., Ghisalberti, M., & Draper, S. (2025). Wave attenuation by restored coral reef canopies: Implications for coastal protection. Journal of Geophysical Research Oceans, 130(9). https://doi.org/10.1029/2025jc022854 Green, J., Haigh, I. D., Quinn, N., Neal, J., Wahl, T., Wood, M., Eilander, D., De Ruiter, M., Ward, P., & Camus, P. (2025). Review article: A comprehensive review of compound flooding literature with a focus on coastal and estuarine regions. Natural Hazards and Earth System Sciences, 25(2), 747–816. https://doi.org/10.5194/nhess-25-747-2025 Kopp, R.E., Hay, C.C., Little, C.M. et al. Geographic Variability of Sea-Level Change. Curr Clim Change Rep 1, 192–204 (2015). https://doi.org/10.1007/s40641-015-0015-5 Maitland, D.O., Richter, K., Raj, R.P. et al. Determining sea-level rise in the Caribbean: A shift from (2024). https://doi.org/10.1038/s41598-024-60201-8 temperature control. 10387 mass Rep Sci 14, to Oppenheimer, M., B.C. Glavovic , J. Hinkel, R. van de Wal, A.K. Magnan, A. Abd-Elgawad, R. Cai, M. Cifuentes-Jara, R.M. DeConto, T. Ghosh, J. Hay, F. Isla, B. Marzeion, B. Meyssignac, and Z. Sebesvari. (2019). Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 321-445. https://doi.org/10.1017/9781009157964.006. Orejarena-Rondón, A. F., Sayol, J., Hernández-Carrasco, I., Cáceres-Euse, A., Restrepo, J. C., & Orfila, A. (2022). Spatio-temporal variability of mean wave energy flux in the Caribbean Sea. 25–41. Ocean Journal https://doi.org/10.1007/s40722-022-00246-x and Marine Engineering Energy, 9(1), of Osorio-Cano, J. D., Alcérreca-Huerta, J. C., Navarro, B. A., & Álvarez-Silva, O. (2024). The Seaflower Biosphere Reserve: Research advances on ocean and coastal processes and related hazards for the regional management. Ocean & Coastal Management, 258, 107414. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2024.107414 Torres, R. R., and M. N. Tsimplis (2012), Seasonal sea level cycle in the Caribbean Sea, J. Geophys. Res., 117, C07011, doi:10.1029/2012JC008159

Avances en operaciones costa afuera para la adquisición de información oceanográfica y geofísica / Advances in Offshore Operations for the Acquisition of Oceanographic and Geophysical Information

Autores: Pardo Oñate*, Elkin Rafael Legarda Bermúdez, Gustavo Adolfo Ricaurte Villota, Constanza Programa de Geociencias Marinas y Costeras, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR, Colombia *Elkin Rafael Pardo Oñate realizará la presentación oral.

Resumen:

Las operaciones costa afuera para la adquisición de información oceanográfica y geofísica constituyen un componente estratégico para el avance del conocimiento sobre los ambientes marinos oceánicos y profundos, así como para la toma de decisiones en sectores como energía, infraestructura, telecomunicaciones submarinas y gestión del riesgo, debido a la complejidad técnica y logística de los entornos marinos. En Colombia, el desarrollo de estas capacidades adquiere especial relevancia en el contexto de la declaratoria y gestión de áreas marinas protegidas de carácter oceánico en el Caribe y el Pacífico, tales como la Reserva Natural Cordillera Submarina Beata, el Distrito Nacional de Manejo Integrado Colinas y Lomas Submarinas de la Cuenca Pacífico Norte y el Santuario de Fauna y Flora Malpelo, así como frente al creciente interés en actividades emergentes como la energía eólica costa afuera, que calidad. demandan oceanográfica información geofísica alta de y Este trabajo presenta avances y lecciones aprendidas en el desarrollo y consolidación de operaciones en ambientes marinos profundos, asociadas a campañas multidisciplinarias ejecutadas en el Caribe y el Pacífico colombiano. Dichas operaciones incluyeron el despliegue de instrumentación especializada, como sistemas de toma de muestras de agua tipo roseta equipados con botellas Niskin, integrados con sondas multiparamétricas CTD-O y módulos de accionamiento automático (AFM), así como perfiladores acústicos de corrientes (ADCP) y equipos de muestreo de sedimentos (Box Core, draga y Piston Core). Estas actividades se desarrollaron bajo procedimientos técnicos orientados a garantizar la calidad, trazabilidad y adquiridos. consistencia muestras datos los las de y Los resultados evidencian mejoras en el desempeño operativo, la reducción de errores durante las actividades de campo y un incremento en la confiabilidad de la información generada, junto con una mayor capacidad de respuesta frente a condiciones ambientales variables propias de este tipo de operaciones. En conjunto, estos avances contribuyen al fortalecimiento de las capacidades nacionales para la investigación científica marina y a la generación de datos robustos y oportunos, fundamentales para el análisis de procesos marinos y el soporte técnico para la toma de decisiones a escala territorial, posicionando al país como un actor relevante en la adquisición de información oceanográfica y geofísica en entornos oceánicos.

Palabras clave: Ambientes oceánicos profundos; Instrumentación marina; Geociencias marinas; Áreas oceánicas protegidas; Deep-ocean environments; Marine instrumentation; Marine geosciences; Oceanic protected areas.

Calibración de canal de oleaje para experimentos aplicados a estructuras flotantes en estuarios de baja energía: Ciénaga de Mallorquín.

Autores: Rendon Garay, J. A[.1], Botero Lenis, J. [1], Osorio Arias, A. F.1, & Marín Restrepo, L. M.[2]

[1] Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, facultad de minas, departamento de geociencias y medio ambiente.

[2] Universidad Santo Tomás, sede Medellín.

Resumen:

La Ciénaga de Mallorquín, cuerpo de agua somero ubicado en el litoral Caribé colombiano, representa un ecosistema de alta relevancia ambiental y social para las comunidades riberen as dé Barranquilla. En este contexto, surge la iniciativa de investigación denominada “Cienciateca del Agua”, qué explora la posibilidad técnica de emplazar una plataforma flotante sobré dicho cuerpo de agua. El presenté trabajo constituye la primera fase de una investigación de mayor alcance orientada a evaluar la viabilidad hidrodinámica de estructuras flotantes en estuarios de baja energía. En esta etapa, se propone y valida la calibración de un canal de oleaje para la reproducción experimental de condiciones de oleaje de corto período, seleccionadas a partir de la caracterización hidrodinámica del cuerpo de agua mediante el método simplificado de Fetch y resultados de modelación numérica preexistente basada en las ecuaciones de pendiente suave (Mild-Slope Equations, MSE). El escalamiento dél modélo fí sico sé réalizo bajo similitud dé Froudé, obténié ndosé un factor dé éscala dé 1:15. Como criterio de validez experimental, se diseñó é implementó un sistema de disipación pasiva consistente en una playa disipativa construida con esponjas permeables, cuyo desempeño fué evaluado mediante la determinación del coeficiente de reflexión n (Kr) siguiendo el método de mínimos cuadrados propuesto por Isaacson (1991). Los resultados indican coeficientes de réflexion en el rango de 0.20 a 0.30 para las condiciones evaluadas, donde el valor mínimo alcanzado (Kr ≈ 0.20) se considera satisfactorio para garantizar la validez de los experimentos dinámicos proyectados. Estos resultados sientan las bases para la fase siguiente, que comprende la construcción y ensayo de un prototipo físico a escala bajo condiciones de oleaje representativas del ecosistema, como paso hacia la evaluación integral de la viabilidad técnica de la iniciativa.

Keywords: Wave funnel experiments, reflection coefficient, passive dissipation systems, dynamics of floating structures, estuary of Mallorquin, experiment design, coastal engineering.

Caracterización y modelación de eventos de inundación compuesta en la Isla de San Andrés, Colombia

Autores: Rosero Melo, Lizbeth Daniela; Estudiante MEng; Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín; Colombia. Montoya Ramírez, Rubén Darío PhD; Universidad de Medellín; Colombia. Grupo de Investigación en Ingeniería Civil GICI. Osorio Cano, Juan David; PhD; Universidad Nacional de Colombia Sede Caribe; Colombia. Osorio Arias, Andrés Fernando; PhD; Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín; Colombia.

Resumen:

Las inundaciones compuestas en entornos costeros insulares surgen de la interacción simultánea de múltiples factores como oleaje, nivel del mar y precipitación cuya coincidencia temporal amplifica los niveles de inundación más allá de la contribución individual de cada mecanismo. La Isla de San Andrés, ubicada en el Caribe colombiano, es particularmente propensa a este tipo de eventos: su topografía baja en sectores urbanos, la degradación progresiva del arrecife coralino, las deficiencias estructurales del sistema de drenaje pluvial y su exposición recurrente a ciclones tropicales la convierten en un territorio altamente vulnerable. El objetivo de este trabajo es desarrollar una metodología integral para la caracterización de eventos compuestos, la generación de escenarios representativos y su simulación numérica mediante un esquema hidrodinámico acoplado. La metodología integra cinco etapas, inicialmente, a partir de series horarias de oleaje, nivel del mar y precipitación para el periodo 1997–2025, se construyó un catálogo de eventos compuestos extremos identificados por la co-ocurrencia o sucesión temporal cercana de los forzantes oceánicos y pluviales. Para cada evento se caracterizaron sus variables cuantitativas principales, entre ellas, altura de oleaje, nivel del mar, precipitación acumulada, duración y desfase entre picos, junto con su clasificación estacional y sinóptica. Sobre este catálogo se ajustó un modelo de dependencia multivariada que captura las estructuras de correlación entre forzantes, incluyendo dependencias de cola, el cual sirvió de base para generar un espacio amplio de escenarios sintéticos con sus respectivos pesos probabilísticos. Mediante técnicas de agrupamiento, ese espacio se redujo a un conjunto de escenarios representativos físicamente observados que cubren el rango de condiciones extremas posibles, y que constituyen las condiciones de entrada para la simulación hidrodinámica. El sistema de modelación acoplado comprende tres componentes: La modelación con SWAN, un modelo espectral de oleaje que propaga las condiciones desde aguas profundas hasta la zona de rompiente de la barrera arrecifal, calibrado y validado con observaciones instrumentales en distintos periodos y condiciones de oleaje. Sus salidas alimentan al modelo Xbeach, un modelo de transformación de oleaje *nearshore* que representa la disipación de energía, el *wave setup* y el *run-up* sobre la plataforma arrecifal, calibrado y validado con sensores de presión desplegados en el gradiente arrecife–laguna. Finalmente, el modelo bidimensional de inundación SFINCS, es empleado para simular la propagación del

flujo sobre el área urbana costera. Dicho modelo es calibrado a partir de un evento de inundación documentado con mediciones de campo. La integración del esquema metodológico acoplado permite reproducir de forma coherente la respuesta del sistema costero-urbano ante distintas combinaciones de forzantes y contribuye a determinar si la coincidencia de oleaje elevado, marea alta y precipitación intensa concentra las condiciones de mayor riesgo en una cuenca de estudio ubicada al noreste de la isla, donde la baja cota topográfica y las limitaciones del sistema de drenaje amplifican la respuesta al forzamiento compuesto. El enfoque desarrollado, que articula la caracterización probabilística de eventos históricos con la simulación numérica, constituye un marco replicable para la evaluación del riesgo de inundación compuesta en islas tropicales del Caribe y una base técnica para la planificación territorial y la gestión del riesgo frente a este tipo de eventos.

Palabras clave: Inundación compuesta, modelación hidrodinámica, análisis multivariado, San Andrés.

Referencias:

Leijnse, T., van Ormondt, M., Nederhoff, K., & van Dongeren, A. (2021). Modeling compound flooding in coastal systems using a computationally efficient reduced-physics solver: Including fluvial, pluvial, tidal, wind-and wave-driven processes. Coastal Engineering, 163, 103796. Ming, X., Liang, Q., Dawson, R., Xia, X., & Hou, J. (2022). A quantitative multi-hazard risk assessment framework for compound flooding considering hazard inter-dependencies and interactions. Journal of Hydrology, 607, 127477. Nederhoff, K., Crosby, S. C., Van Arendonk, N. R., Grossman, E. E., Tehranirad, B., Leijnse, T., ... & Barnard, P. L. (2024). Dynamic modeling of coastal compound flooding hazards due to tides, extratropical storms, waves, and sea-level rise: a case study in the Salish Sea, Washington (USA). *Water*, *16*(2), 346. Osorio-Cano, J. D., Alcérreca-Huerta, J. C., Navarro, B. A., & Álvarez-Silva, O. (2024). The Seaflower Biosphere Reserve: Research advances on ocean and coastal processes and related hazards for the regional management. *Ocean & Coastal Management*, *258*, 107414. Santiago-Collazo, F. L., Bilskie, M. V., Bacopoulos, P., & Hagen, S. C. (2024). Compound inundation modeling of a 1-D idealized coastal watershed using a reduced-physics approach. Water Resources Research, 60(5), e2023WR035718. Xu, K., Wang, C., & Bin, L. (2023). Compound flood models in coastal areas: a review of methods and uncertainty analysis. *Natural Hazards*, *116*(1), 469-496.

Cienciateca del agua. Desarrollo Tecnológico e Innovación en la Ciénaga de Mallorquín, Barranquilla-Colombia.

Autores: Luisa María Restrepo Marín\. Arquitecta. Magister en Hábitat. Universidad Santo Tomás, campus Medellín – Colombia. Andrés Fernando Osorio Arias. Doctor en Ciencias y Tecnologías Marinas. Profesor Universidad Nacional de Colombia. Colombia. Eneyda Caridad Abreu Plata. Arquitecto Magister. Universidad Industrial de Santander. Colombia. Rossana Cecilia Llanos Díaz. Arquitecta. Doctora en historia y teoría y estudios gráficos de arquitectura. Universidad del Atlántico - Barranquilla, Colombia. Julián Alberto Rendon Garay. Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. Joan Botero Lenis. Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. (\Luisa María Restrepo Marín hará la presentación oral)

Resumen:

La CIENCIATECA DEL AGUA es un modelo de comprobación de 8 premisas de diseño: múltiple, identidad, armable, adaptable, compostaje, agua, energía y diversidad nativa como Soluciones basadas en la Naturaleza en la Ciénaga de Mallorquín en Barranquilla, Atlántico-Colombia (ver ilustración 1).

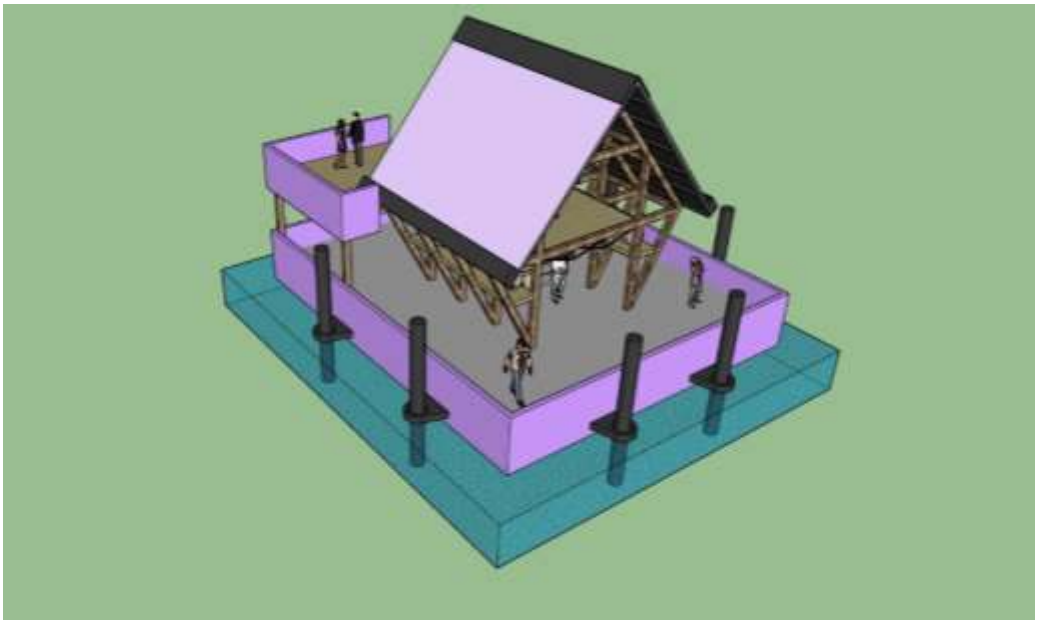


Ilustración 1. Modelo de cienciateca del agua. Fuente: Restrepo L., 2025.

El objetivo es contribuir a la adaptación por medio de un desarrollo tecnológico e innovación buscando el aprovechamiento sostenible de los servicios ecosistémicos. Desde antecedentes de investigaciones en

FODEIN 2021, 2022 y 2023 se comienzan a definir las premisas: *Uso múltiple del módulo* (premisa de diseño 1): Que permita tener un programa y uso flexible según las necesidades de la población aledaña a una fuente hídrica y que permita adaptarse al ciclo hidrosocial. *Lugar de identidad* (premisa de diseño 2): Apropiación de la cultura material en la región del Caribe colombiano a través del uso de materiales locales, entendiendo la luz y la implementación del color como interpretación de la construcción sociocultural del paisaje. *Sistema constructivo armable* (premisa de diseño 3): Es necesario tener una construcción fácil de instalar, gestionar y mantener, en la que entidades público-privadas con la guía de expertos y la colaboración de la comunidad poder hacer una fácil construcción que permanezca en el tiempo de tipo tectónica utilizando materiales adecuados al contexto. *Estrategias del manejo del agua* (premisa de diseño 4): La utilización de cubiertas a dos aguas evidencia en la propuesta la necesidad de recolección de agua lluvia para el abastecimiento de agua potable en el modelo y el desarrollo técnico necesario en caso de apoyo posiblemente por no tener conexión con acueducto. *Uso de energía alternativa* (premisa de diseño 5). Estas construcciones indican la ausencia de una red convencional eléctrica, por lo que es conveniente la utilización de energías sostenibles (Restrepo Marín et al., 2022).

Estructuras adaptadas y adaptables (premisa de diseño 6): En cuanto a la estructura adaptada (utilizada en el Urbanismo), esta forma de apropiación del territorio está conformada por las pasarelas, inspiradas en el palafito, los pilotes, originarios en madera; ya hoy comienzan a ser realizados en concreto para garantizar durabilidad y seguridad. Respecto a la estructura adaptable (utilizada en Módulo), está conformada por una plataforma flotante, fabricada en un derivado de plástico que ofrece resistencia y calidad o por una plataforma en concreto flotante. (Restrepo Marín et al., 2022) (ver ilustración 2).



Ilustración 1. Maqueta de cienciateca del agua, escala 1:75, verificación de flotabilidad. Fuente: Acciones Transformadoras, 2025.

Manejo de residuos sólidos (premisa de diseño 7): Aprovechando la disposición de la zona de limpieza y aseo como un módulo a borde de la fuente hídrica (Restrepo Marín et al., 2022), por no tener conexión posiblemente con alcantarillado. Empleo de biodiversidad nativa (premisa de diseño 8): Al estar ubicado el proyecto en la Ciénaga de Mallorquín, para hacer conservación y uso adecuado de la flora y fauna del lugar. El concepto de Soluciones basadas en la Naturaleza ha ayudado a proteger, gestionar y restaurar el medio ambiente, ofreciendo beneficios tangibles y sostenibles en la sociedad (UICN, 2020) (p.1). Concluyendo que es necesario un trabajo en sinergia desde diversas disciplinas como la ingeniería marino-costera y la arquitectura, para un desarrollo y comprobación de las premisas de diseño en una etapa siguiente (ver ilustración 3).



Ilustración 2. Prueba de flotabilidad en canal de oleaje entre ingenieros marino-costeros y arquitectos.
Fuente: Acciones Transformadoras, 2025.

Palabras clave: Ciclo Hidrosocial; Biomímesis; Soluciones Basadas en la Naturaleza; Co-creación, Arquitectura Orgánica.
Keywords: Hydrosocial Cycle; Biomimicry; Nature-Based Solutions; Co-creation; Organic Architecture.

Referencias: Restrepo Marín, L. M., Arboleda Lopera, A. E., & Pedroza Valdes, C. Y. (2022). Cultura material del hábitat anfibio: MÓDULO ARQUITECTURA CUC, 30, 71–98.

https://doi.org/10.17981/mod.arq.cuc.30.1.2023.03 UICN. (2020). *Estándar Global de la UICN para soluciones basadas en la naturaleza*. http://www.uicn.org/es

De la ponencia: Red de sensores acústicos inteligentes, para la determinación de la trayectoria de vehículos marítimos.

Autores: Carlos Andrés Gutiérrez Martínez Escuela Naval de Cadetes "Almirante Padilla".

Resumen:

El proyecto buscó realizar aportes al estado del arte en el área de la clasificación y la detección de embarcaciones acuáticas de superficie mediante el monitoreo del espectro acústico en el mar. En particular, se pretendió desarrollar un sistema completo de sensores inteligentes que permitiera, de forma simultánea y en tiempo real, la detección y clasificación del tipo de embarcación presente en la zona de influencia del sistema, así como su ubicación y trayectoria, reportando la información recogida a una unidad central de control en tierra. Dentro de los desafíos encontrados en proyectos anteriores, llevados a cabo por el equipo de investigación y evidenciado por otros autores en la literatura, se destacan la dificultad en la estimación de la trayectoria y el alto costo computacional del proceso de clasificación y de localización del objetivo. En este sentido, se pretendió reducir el costo computacional del proceso de clasificación de la fuente de sonido bajo estudio a través de la extracción in-situ de las singularidades de la señal acústica detectada por el sistema. El Sistema de desarrollado consto de 3 boyas dotadas de hidrófonos conectados a un sistema embebido que en tiempo real realizaban el reconocimiento de sonidos mediante la Técnica de clasificación de los k-vecinos más cercanos utilizando el espectro de la señal como elemento de clasificación. Posterior a esto se realizó en cada boya la extracción de las componentes principales mediante la técnica conocida como Matriz Pencil Metod (MPM); componentes que se transmiten a la estación de control, Junto con los datos del GPS, donde se implementó la técnica de retro propagación con la que se determina la ubicación del sonido. La técnica de Clasificación del sonido logró hacer su trabajo con un 80% de asertividad. Mientras que la técnica MPM logró demostrar la capacidad de extraer las componentes principales del sonido; pero demostrando un compromiso entre el número de componentes extraídas y la correlación de la señal reconstruida y el tiempo de procesamiento; logrando correlaciones superiores al 80% con al menos 900 Componentes principales y al menos 12 Segundos para el procesamiento de la señal. Así mismo, la técnica de retro propagación demostró su capacidad de identificar la posición de la fuente de sonido presentando también un compromiso entre el área de detección efectiva y el número de componentes principales extraídos en cada boya; La señal de sincronización del GPS fue fundamental para el funcionamiento del sistema. La alianza liderada por el grupo GCCDN de la Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla” con la co-ejecución del Grupo EMC de la Universidad Nacional resultaron fundamentales para el desarrollo del proyecto.

Desarrollos tecnológicos al servicio del patrimonio cultural sumergido colombiano: recolección de evidencias arqueológicas del naufragio Galeón San José en Cartagena de Indias / Technological developments for the colombian underwater cultural heritage: collection of archaeological evidence from the galeón San José shipwreck in Cartagena de Indias

Autores: *Saúl Esteban Vallejo Quintero[1] Nicolás Lizarazo Fernández[2] Juan David Santana Mejía[1] Carlos Enrique Rubio Olier[1] Jesús Alberto Aldana Mendoza[1] Hermann Aicardo León Rincón[2] Carlos Del Cairo Hurtado[3] Mariana Carulla Arreaza[4]

1 Dirección General Marítima – DIMAR

2 Armada de Colombia – ARC

3 Instituto Colombiano de Antropología e Historia – ICANH

4 Ministerio de las Culturas, las Artes y los Saberes – MINCULTURAS

Resumen:

El estudio del Patrimonio Cultural Sumergido en aguas profundas, localizado a cientos de metros en el fondo del mar, ha significado desde sus orígenes un tema de gran dificultad técnica y tecnológica. Allí convergen ciencias sociales, humanas, naturales y aplicadas, pues la complejidad analítica no radica sólo en el descender durante horas por la columna de agua, sino también en interpretar integralmente aquellos datos que se encuentran depositados en el lecho marino. Generalmente, estos objetos de estudio se vinculan a embarcaciones de distintos orígenes espaciales y temporalidades que, por acción humana (batallas navales o errores en las maniobras) o por fenómenos naturales (eventos atmosféricos adversos tales como huracanes o tormentas intensas) terminan naufragando. Durante el evento del hundimiento, quedan dispuestas evidencias artefactuales que, a partir de su estudio sistemático, arrojan respuestas a las preguntas de investigación que buscan reconstruir el acontecimiento, de forma complementaria con las fuentes de información relacionadas a otras áreas del conocimiento. Esto es precisamente lo que se ha venido formulando en el proyecto de investigación científica “Hacia el Corazón del Galeón San José”, un esfuerzo interinstitucional que ha reunido entidades estatales del Sector Defensa y el Sector Culturas que busca analizar, proteger y visibilizar este famoso contexto arqueológico. Su origen, vinculado a un hundimiento por fallas estructurales durante la Batalla de Barú el 8 de junio de 1708 en Cartagena de Indias, permite comprender fenómenos socioculturales de principios del siglo XVIII, y arrojar datos sobre la famosa globalización temprana a la que se enfrentaba el mundo en aquellas épocas. Ahora bien, para obtener estas respuestas, el Estado Colombiano ha tenido que resolver varios retos y desafíos puesto que

llegar a los 600 metros, donde se encuentra depositado, ha significado instalar capacidades en las dependencias locales para alcanzar esa profundidad y recolectar la información necesaria para responder las preguntas de investigación planteadas. Así pues, el objetivo de la presente ponencia consiste en exponer los diferentes desarrollos tecnológicos que han sido incorporados por Colombia para registrar, documentar, interpretar, conservar, monitorear, divulgar y difundir el Patrimonio Cultural Sumergido local y, particularmente, el Galeón San José. Recientemente, a finales de 2025 se llevó a cabo por primera vez en la región la recolección de piezas arqueológicas de aguas profundas lo que implicó un importante reto tecnológico. Por medio de la capacitación de personal local especializado en la materia, y la adquisición de los instrumentos necesarios para tal fin, se recolectaron varias piezas que contribuyen, como suele suceder en una arqueología interdisciplinaria, a responder las interrogantes que derivan de tan particular fenómeno como lo es el hundimiento de una nave. En definitiva, estos avances resultan siendo significativos en la medida en la que posicionan a Colombia como un referente en la región de arqueología en aguas profundas. Al tiempo que aplica desarrollos tecnológicos y perspectivas interpretativas que unen dos sectores de la sociedad, en teoría tan disímiles, como lo son la Defensa y las Culturas para un fin: Gestionar y salvaguardar el Patrimonio Cultural Sumergido de la Nación.

Palabras clave: Desarrollos Tecnológicos, Patrimonio Cultural Sumergido, Galeón San José, Evidencias Arqueológicas, Colombia.
Keywords: Technological Developments, Underwater Cultural Heritage, San José Galleon, Archaeological Evidence, Colombia.

Disipación del oleaje en praderas de pastos marinos: análisis en Reserva Seaflower SAI y Bahía Portete. / Wave dissipation in seagrass meadows: analysis in Seaflower Biosphere Reserve SAI and Bahía Portete.

Autores: Cesar Padilla-Mendoza :[1]* David Sánchez-Núñez [2] José Ernesto Mancera-Pineda[3]

1 Estudiante de Maestría Grupo de investigación en oceanografía e ingeniería costera (OCEÁNICOS), Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín, Carrera 38# 26-385, 0054-3213763, Colombia; cpadillam@unal.edu.co ORCID 0000-0002-1777-9730.

2 Doctorado.Dirección Académica, Universidad Nacional de Colombia-Sede de La Paz, La Paz, Cesar, Colombia; dasanchezn@unal.edu.co. ORCID 0000-0002-9071-2962.

3 Doctorado. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, Av. Cra 30 #45-3, Bogotá; jemancerap@unal.edu.co. ORCID 0000-0003-2948-3387. (*Cesar Padilla Mendoza hará la presentación oral)

Resumen:

Las praderas de pastos marinos desempeñan un papel relevante en la disipación del oleaje costero, pero en el Caribe colombiano no se ha cuantificado la magnitud de este servicio ecosistémico, los controles físicos que lo regulan y la validez de los coeficientes de arrastre derivados. Aquí cuantificamos la disipación espectral del oleaje en dos praderas someras ($\~$1.0 m) y dos profundas ($\~$4.0 m) presentes en San Andrés islas y Bahía Portete, Guajira, mediante un enfoque mecanístico adaptado del marco de dosel flexible con correcciones por flexibilidad foliar y estimación vertical del flujo. La metodología permitió estimar la disipación por vegetación a partir del gradiente espacial del flujo de energía y separarla de las contribuciones asociadas al asomeramiento y a la fricción de fondo. La mayor atenuación se registró en el tramo somero de San Andrés Islas, donde la señal disipativa de *Thalassia testudinum* resultó más robusta. La disipación del flujo de energía atribuida a la vegetación osciló entre 0.05 y 0.52 W m-1, y el coeficiente de arrastre (*CD*) se concentró entre 0.7 y 1.1. Los resultados muestran que la disipación no es una propiedad intrínseca y homogénea de la pradera, sino una respuesta emergente del acoplamiento entre la estructura del dosel de *T. testudinum*, la exposición al oleaje, la profundidad y la transformación previa de la energía a escala de paisaje costero. El estudio aporta evidencia novedosa sobre la necesidad de interpretar la función protectora de estas praderas dentro del encadenamiento de filtros físicos del litoral que disipan el oleaje. En consecuencia, los resultados fortalecen la base física para parametrizar la vegetación sumergida en modelos hidrodinámicos y para valorar las praderas de *T. testudinum* como soluciones basadas en la naturaleza.

Palabras clave: Disipación espectral del oleaje, Pastos marinos, *Thalassia testudinum*, Coeficiente de arrastre, Soluciones Basadas en la Naturaleza.
Keywords: Spectral wave dissipation, Seagrass meadows, *Thalassia testudinum*, Drag coefficient, Nature-based Solutions.

Economía circular y logística inversa en terminales portuarias colombianas: análisis mixto del potencial de valorización y barreras/ Circular economy and reverse logistics in colombian port terminals: a mixed analysis of valorization potential and barriers circular economy and reverse logistics in colombian port terminals: a mixed analysis of valorization potential and barriers

Autores: [1] * Damaris Sánchez Rojas, hará la presentación de la ponencia, Jesús Brochero Abuabara[2]

Resumen:

El presente artículo analiza la gestión de residuos sólidos en terminales portuarias colombianas desde el enfoque de la economía circular y la logística inversa, considerando el papel estratégico de los puertos en el comercio internacional y su creciente impacto ambiental. A pesar de su relevancia económica, las operaciones portuarias generan altos volúmenes de residuos derivados del manejo de carga, materiales de embalaje y equipos fuera de uso. En este contexto, la economía circular plantea la necesidad de transformar estos residuos en recursos, mientras que la logística inversa permite su reincorporación a la cadena productiva. No obstante, en el entorno portuario colombiano persisten limitaciones que dificultan la implementación efectiva de estos enfoques. El objetivo general de la investigación fue analizar el potencial de valorización de residuos sólidos y evaluar las barreras para la implementación de la logística inversa en terminales portuarias colombianas, mediante un enfoque de investigación mixta. De manera específica, se buscó caracterizar los tipos y volúmenes de residuos generados, analizar su nivel de aprovechamiento y examinar las barreras operativas, institucionales y estratégicas que limitan su valorización. Metodológicamente, se adoptó un diseño no experimental, de corte transversal y con enfoque mixto. En el componente cuantitativo, se aplicaron encuestas estructuradas a cinco terminales portuarias con alta participación en el movimiento de carga en las regiones Caribe y Pacífica de Colombia. En el componente cualitativo, se realizó una entrevista semiestructurada a un actor clave del sector. La información fue analizada mediante estadística descriptiva y análisis de contenido, permitiendo la triangulación de resultados. Los hallazgos evidencian que las terminales generan diversos tipos de residuos con alto potencial de valorización, destacándose materiales como plásticos, maderas, metales, aceites usados y escombros, muchos de ellos en volúmenes superiores a 400 kg mensuales. Sin embargo, la gestión de estos residuos se encuentra mayoritariamente tercerizada, especialmente en las fases de transporte y disposición final, lo que limita la apropiación interna de procesos de logística inversa. Aunque existen prácticas de reciclaje y comercialización, particularmente en residuos metálicos, una proporción significativa de materiales continúa siendo destinada a rellenos sanitarios. Asimismo, se identificó que la mayoría de las terminales no obtiene beneficios económicos derivados de la gestión de residuos. En cuanto a las barreras, se destacan la falta de incentivos económicos, debilidades en la planificación estratégica,

vacíos regulatorios y limitada articulación institucional. En conclusión, aunque existe un alto potencial para la implementación de modelos de economía circular en el entorno portuario colombiano, este no es plenamente aprovechado. Se requiere fortalecer la integración de la logística inversa en la gestión portuaria mediante políticas públicas, incentivos y desarrollo de capacidades internas que permitan avanzar hacia sistemas logísticos más sostenibles y eficientes.

Palabras clave: Economía circular, logística inversa, terminales portuarias, residuos sólidos
Keywords: Circular economy, reverse logistics, port terminals, solid waste

Desarrollo de portafolios de alternativas de solución para la gestión del riesgo frente a la erosión costera en Colombia

Autores: Luisa Herrera*David Morales, Marco González-Arteaga, Sneider Barrera, Johan Casadiego, Constanza Ricaurte-Villota. Programa de Geociencias Marinas y Costeras. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR, Colombia. 1. Docente Investigadora, semillero VALUEPORT; Corporación Universitaria Reformada [↑](#footnote-ref-1) 2. Egresado semillerista; Corporación Universitaria Reformada [↑](#footnote-ref-2)

Resumen:

En Colombia, la implementación de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) ha mostrado avances recientes; sin embargo, su aplicación en contextos costeros aún es incipiente. A nivel institucional, se ha fortalecido el marco conceptual y se han formulado lineamientos estratégicos orientados a integrar las SbN en políticas públicas relacionadas con el cambio climático, la gestión del riesgo y la conservación de la biodiversidad. En este contexto, el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR ha liderado un proceso de identificación y formulación de alternativas para la gestión del riesgo asociado a la erosión costera, priorizando el enfoque de SbN. Este proceso se fundamenta en una aproximación técnico-científica integrada, que combina el análisis de la dinámica costera —a partir de monitoreo y evaluación multitemporal— con la incorporación del conocimiento local y ancestral como insumo clave en la formulación de soluciones. Asimismo, se han considerado experiencias internacionales exitosas en contextos comparables. La inclusión de espacios participativos con expertos y comunidades costeras ha permitido la sistematización de conocimiento relevante para la toma de decisiones, integrando información sobre la evolución de la línea de costa, usos del suelo, dinámicas territoriales, prácticas tradicionales y percepciones del riesgo. Este enfoque contribuye no solo a robustecer el análisis técnico, sino también a fortalecer la apropiación social y la sostenibilidad de las medidas propuestas. Los avances alcanzados derivan de proyectos desarrollados en los departamentos de La Guajira, Atlántico, Córdoba y Valle del Cauca, territorios caracterizados por alta vulnerabilidad y complejidad en su dinámica litoral. A partir de estos estudios, se ha avanzado en la formulación de alternativas que incluyen restauración de manglares y humedales costeros, implementación de arrecifes artificiales, trampas de sedimentos y procesos de revegetalización, articuladas con estrategias de manejo sostenible del litoral y coordinación interinstitucional en el marco del Sistema Nacional Ambiental (SINA). Como resultado, se establecen las bases para la estructuración de portafolios de soluciones adaptativas, ajustadas a las condiciones geomorfológicas, oceanográficas y socioeconómicas de cada territorio. Estos portafolios constituyen una herramienta estratégica para la toma de decisiones, facilitando la priorización e implementación de medidas específicas según el contexto local.

Palabras clave: Soluciones basadas en la naturaleza, erosión costera, mitigación, participación comunitaria.

Esquema de asimilación de espectros direccionales de oleaje en el Modelo swan para dominios semi-cerrados

Autores: Víctor Saavedra[1], Rubén Montoya[2], Andrés Osorio[3]

1 Instituto de Ciencias del Mar, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Colombia.

2 Grupo de Investigación en ingeniería Civil GICI, Grupo de investigación en Calidad del agua y Modelación Hídrica GICAMH, Carrera 87 N° 30–65, Medellín, Colombia.

3 Departamento de Geociencias y Medio Ambiente, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia.

Resumen:

La asimilación de datos se ha consolidado como una herramienta fundamental para mejorar los resultados de la modelación numérica del oleaje, particularmente en sistemas operacionales de gran escala, donde la integración de observaciones permite reducir errores en parámetros integrados como la altura de ola significante (Hs). Sin embargo, la mayoría de los enfoques existentes se basan en la corrección de parámetros integrales del espectro, lo cual limita la representación de la estructura espectral del oleaje y restringe la capacidad de los modelos para reproducir fenómenos como la coexistencia de múltiples sistemas de oleaje y los procesos de propagación y transformación en dominios semi-cerrados. Adicionalmente, las metodologías tradicionales suelen construir las matrices de corrección espacial bajo supuestos de isotropía y homogeneidad, los cuales no son consistentes con la complejidad batimétrica, las condiciones de contorno y la variabilidad direccional del forzamiento atmosférico en este tipo de sistemas. En este contexto, se propone un esquema de asimilación de espectros direccionales de oleaje aplicado al modelo SWAN, orientado a corregir la magnitud de la energía y la forma espectral del oleaje manteniendo coherencia con la dinámica de propagación de energía. La metodología se basa en la estimación de la diferencia espectral $\Delta S(f, \theta)$ entre el espectro observado y el modelado en la celda de la boya, la cual se propaga espacialmente mediante una matriz de ponderación espacio–direccional $W(\mathbf{x}, f, \theta)$ que integra la coherencia espectral, evaluada a través del coeficiente de determinación ($R2$) por bandas de frecuencia y dirección, la conectividad dinámica basada en el tiempo de viaje de la energía (celeridad de grupo) y un criterio de corte físico que limita la propagación de correcciones no realistas. Los resultados evidencian mejoras sustanciales en la representación del espectro direccional, con incrementos en el coeficiente de determinación espectral del orden del 20–40% en el lago Michigan, especialmente en bajas frecuencias, y reducciones de sesgo en la altura de ola significante del oleaje entre 10–25%. En el golfo de Urabá, el esquema muestra una propagación espacial más restringida de la corrección, consistente con su escala y condiciones de fetch limitado, mejorando la representación espectral en las proximidades de la boya sin

introducir energía artificial en regiones no conectadas dinámicamente. Estos resultados demuestran que la asimilación espectral direccional propuesta permite superar las limitaciones de los enfoques basados en parámetros integrales, mejorando la coherencia física y la representación espacial del campo de oleaje en dominios semi-cerrados.

Palabras clave: Asimilación espectral; SWAN; matriz de ponderación; coherencia espectral; celeridad de grupo.
Keywords: spectral correction; SWAN; weighting matrix; spectral coherence; group velocity.

Neowave: Simulaciones y pruebas iniciales. / Neowave: Simulations and Initial testing.

Autores: José Luis Montoya Posada[1], Shalom Scott Obregón[2]*, Andrés F. Osorio[3].

[1] Neowave Energy.

[2] Grupo de Investigación OCEÁNICOS, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

[3] Grupo de Investigación OCEÁNICOS, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, CEMarin, Colombia.

Resumen:

Muchos dispositivos de generación undimotriz (WEC, por sus siglas en inglés) poseen estructuras complejas, que incrementan costos de transporte, instalación, fabricación y mantenimiento, y limitan su integración con ecosistemas. Neowave tiene como objetivo transformar la generación de energía undimotriz en una tecnología de alta sencillez estructural, asequible para las comunidades y que coexista con la naturaleza. Para esto, se diseñó un dispositivo point absorber, teniendo como principio la dinámica respiratoria y la estética de las medusas. Se diseñaron dos subsistemas principales: el primero enfocado en la reducción del OpEx (costo de operación); y el segundo para el control y adaptación del WEC a diferentes densidades de energía undimotriz, logrando un movimiento armónico con las olas, e incorporando un modo apagado durante las labores de mantenimiento y un modo de supervivencia durante las tormentas. Se realizaron simulaciones con el software WEC-sim, ejecutado en Matlab/Simulink y Simscape para analizar la dinámica de los múltiples componentes del dispositivo. En estas, se considera el diseño interno del PTO (sistema de conversión), la geometría, presión dinámica y fuerzas inducidas por las olas. Allí, las primeras iteraciones mostraron convergencia en fuerza y potencia, y se observó que menos turbinas permiten mayor potencia a bajas velocidades de ola. A partir de esto, se espera una herramienta para futuros análisis en 2026-I. Se construyó una primera versión del prototipo funcional, tras obtener una validación del concepto, una versión más detallada del prototipo a escala 1:30 se probó en el canal de olas de la Universidad Nacional de Colombia con apoyo del grupo de investigación Oceánicos; Se analizaron aspectos para aplicaciones a pequeña y gran escala, los resultados visuales confirmaron la respuesta dinámica del dispositivo, y las medidas de voltaje en circuito abierto empiezan a mostrar su potencial para la transformación de energía, resultando en un avance del TRL (Technology Readiness Level) 3 al TRL 4. Estos resultados abren líneas de investigación en busca de optimización y adaptación a diversos entornos marinos; así como ensayos en un banco de pruebas, selección de materiales con menos impacto ambiental, pruebas en aguas abiertas; uso de biolubricantes, y posibles aplicaciones para: protección costera, de corales y manglares, también anclajes como nidos de especies y piscicultura. En conclusión, el dispositivo demuestra ser una alternativa viable para la generación undimotriz: las simulaciones y

prototipos validan su desempeño, el avance en la escala TRL lo acerca un paso más a pruebas en aguas abiertas y su sencillez estructural le otorga aplicabilidad en comunidades costeras con recursos limitados.

Palabras clave: Generación undimotriz, Sencillez Estructural, Point absorber, Simulaciones, Prototipo Funcional.
Keywords: Wave energy, Structural Simplicity, Point absorber, Simulations, Functional Prototype.

Tendencias tecnológicas en la transformación digital portuaria: una revisión global

Autores: Katty Milena Arrieta Canchila* Grupo de investigación Loger, Programa de Doctorado en Ciencias del Mar, Facultad de Ciencias Navales, Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla”. Katty.arrieta@enap.edu.co. ORCID 0000-0001-9582-8107

Resumen:

La transformación digital se ha consolidado como un eje estratégico para mejorar la eficiencia, competitividad y sostenibilidad de los sistemas portuarios a nivel global, impulsando la adopción de tecnologías orientadas a la automatización, la integración de procesos y la toma de decisiones basada en datos. No obstante, en muchos contextos, particularmente en América Latina, estos procesos se desarrollan de manera fragmentada y con limitadas capacidades para anticipar la evolución tecnológica del sector portuario. El objetivo de esta investigación es analizar las principales tendencias tecnológicas asociadas a la transformación digital portuaria, a partir de una revisión global de la literatura científica y de desarrollos tecnológicos relevantes. La metodología se basa en la revisión de publicaciones científicas y registros de patentes relacionados con la digitalización portuaria, con el fin de identificar líneas temáticas recurrentes y tecnologías emergentes. Los resultados evidencian un conjunto de tendencias dominantes, entre las que se destacan la automatización de los procesos portuarios, el uso de inteligencia artificial y analítica de datos, la digitalización de la cadena logística y el desarrollo de plataformas digitales para la coordinación de las operaciones y la toma de decisiones. Asimismo, se observa un incremento en el registro de soluciones orientadas a mejorar la eficiencia operativa de los procesos y a apoyar la planificación estratégica del sector. La discusión de estos resultados pone de manifiesto brechas entre las tendencias tecnológicas identificadas a nivel global y las capacidades existentes en los puertos, respaldadas por el análisis de publicaciones científicas y registros de patentes. Como conclusión, se destaca que el análisis de tendencias tecnológicas constituye un insumo relevante para la planificación estratégica y la priorización de inversiones orientadas a fortalecer las capacidades de transformación digital portuaria.

Palabras clave: tendencias tecnológicas, transformación digital portuaria, tecnologías digitales, revisión global.
Keywords: Technological trends; Port digital transformation; Digital technologies; Ports; Global review.



Oceanología y climatología

Variaciones interanuales de precipitación en la cuenca del Río Atrato y su correlación con fenómenos climáticos / Interannual variations of precipitation in Atrato river basin and its correlation with climatic phenomena

Autores: Juanita Ortiz León 1*, Juan Pablo Gantiva Roncancio [2] y David Peña García [3]

1 Estudiante de Pregrado, Facultad de Ingeniería – Ingeniería Ambiental, Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá – Colombia.

2 Estudiante de Pregrado, Facultad de Ingeniería – Ingeniería Ambiental, Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá – Colombia.

3 Dr. en Ciencias Naturales, David Peña García, Facultad de Ingeniería – Ingeniería Ambiental, Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá – Colombia

Resumen:

La cuenca del río Atrato, ubicada en el Chocó biogeográfico, constituye uno de los sistemas hidrológicos más importantes de Colombia debido a su alta pluviosidad, biodiversidad y compleja dinámica climática, lo que la convierte en una región clave para el estudio de la variabilidad hidrometeorológica. El objetivo de este estudio es analizar las variaciones interanuales de la precipitación en la cuenca del río Atrato y su relación con fenómenos climáticos. En este estudio se realizó un análisis de la distribución espacial de estaciones pluviométricas en la cuenca del río Atrato mediante el uso de herramientas computacionales. Se analizan estadísticamente las tendencias multianuales de los valores y patrones de precipitación, así como las variaciones asociadas a fenómenos climáticos como el Jet del Caribe, ENSO y ENSO-Modoki, mediante correlaciones simples y multivariadas. El análisis se centra en la evaluación de valores extremos de precipitación, permitiendo identificar patrones espaciales y temporales diferenciados dentro de la cuenca. Los resultados evidenciaron la presencia de distintas distribuciones espaciales, así como variaciones significativas en la ocurrencia e intensidad de eventos extremos, identificadas mediante la metodología de análisis computacional empleada. Asimismo, se aplicaron cálculos matemáticos y estadísticos para evaluar tendencias, formulando parámetros que permiten una eventual predicción del comportamiento de la precipitación. Los hallazgos evidencian señales de cambio en los patrones de lluvia y su relación con la variabilidad climática, aportando insumos clave para la comprensión de la dinámica hidrológica regional, la gestión del recurso hídrico y la mitigación de riesgos asociados a eventos extremos.

Palabras clave: precipitación, hidrología, variabilidad climática, análisis espacial, cambio climático
Keywords: precipitation, hydrology, climate variability, spatial analysis, climate change

Dinámica oceanográfica y sedimentaria para la seguridad integral marítima en bahías del Pacífico Colombiano / Oceanographic and sedimentary dynamics for comprehensive maritime safety in Bays of the Colombian Pacific

Autores: Diana Natali Pantoja López[1]*, Nery Sirley Barrientos Porras[1], Juan Carlos Guevara Aguirre[1], Jhon Wilmer David Santero[1], Diomer Eliécer Tobón Monsalve[1], Keiner José Ruiz Murillo[1], Edgar Daniel Cantero Ricardo[1], Wilmar Andrés Mosquera Ardila[1].

[1]Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico, Dirección General Marítima.
(*Diana Natali Pantoja López hará la presentación oral)

Resumen:

Las bahías de Buenaventura y Tumaco (Pacífico colombiano), enfrentan problemas de sedimentación en sus canales de acceso, afectando la seguridad en la navegación y elevando los costos de dragado, por lo que se busca caracterizar la dinámica oceanográfica y sedimentaria de las bahías de Buenaventura y Tumaco para entender los procesos que regulan la configuración/evolución de estos sistemas estuarinos, y generar insumos para la toma de decisiones como Autoridad Marítima. Mediante un enfoque interdisciplinario, el proyecto integra análisis geológicos y morfológicos, mediciones físicas, oceanográficas y sedimentológicas in situ*, además de batimetría multitemporal para la detección de variaciones morfológicas del fondo marino y modelación numérica avanzada para la simulación de procesos hidrodinámicos (caudal, olas, corrientes 3D, nivel del mar) y de transporte de sedimentos. Asimismo, el proyecto incorpora el desarrollo inicial de una plataforma web geoespacial orientada a la integración, consulta y visualización analítica de la información generada. En su conjunto, los resultados proporcionan una visión robusta del comportamiento de ambas bahías. Los cambios de línea de costa evidencian una alta dinámica (erosión y acreción) asociada a procesos naturales. Sin embargo, isla Soldado (Buenaventura) y El Morro (Tumaco) registran las mayores tasas de erosión (-0.012 km²/año y -0.0028 km²/año, respectivamente) y, dada su proximidad a los canales de acceso, actúan como fuentes de sedimento. En Tumaco y Buenaventura, se presentan perfiles de playa variables, con predominio de estados intermedios a reflectivos, asociados a procesos erosivos en sectores expuestos. Los cambios batimétricos del canal de Tumaco presentan estabilidad con acreción localizada en La Barra y rápida reposición sedimentaria; mientras que Buenaventura presenta mayor variabilidad que requiere intervención continua. La sedimentología evidencia que en Tumaco predominan arenas medias a finas bien seleccionadas en el canal, con arenas lodosas y lodos en los márgenes, y mayor materia orgánica en zonas fluviales; en Buenaventura dominan arenas finas a muy finas con presencia generalizada de lodos y mezcla sedimentaria, controladas por la dinámica estuarina. Los datos medidos sugieren un dominio de la marea semidiurna en las corrientes; Tumaco muestra una columna de agua bien mezclada, mientras que

Buenaventura presenta variabilidad salina por aporte fluvial. El oleaje se atenúa desde el exterior hacia el interior en ambas bahías, con mayores alturas significativas en Buenaventura. La concentración volumétrica de sedimentos en suspensión evidencia variabilidad espacial e intramareal. Finalmente, se modeló información nueva de series de tiempo de caudal diario, para ocho efluentes en Tumaco y dos en Buenaventura. La modelación hidrodinámica evidencia un contraste entre ambas bahías: Buenaventura funciona como un sistema estuarino disipativo, controlado por marea, geometría y aporte fluvial, con poca variabilidad en patrones estacionales e interanuales; Tumaco, por su configuración abierta, es altamente sensible al oleaje y a la variabilidad climática, presentando mayor energía de las olas e incremento de corrientes residuales. La plataforma web favorece la divulgación de datos, fortalece los procesos de monitoreo y toma de decisiones, y apoya la gestión portuaria y la seguridad integral marítima.

Palabras clave: Sedimentación, Dinámica costera, Modelación numérica, Batimetría multitemporal
Keywords: Sedimentation,Coastal dynamics, Numerical modeling, Multitemporal bathymetrySediment transport.

First Detection of a Meteotsunami in the Colombian Caribbean and its Role as a Driver of Coastal Morphodynamics

Autores: Juan Felipe Gómez[1], Eva Kwoll[1], David Atkinson[1], and Ian Walker[2]

1 Department of Geography, University of Victoria, Victoria, BC V8P 5C[2], Canada

2 Department of Geography, UC Santa Barbara, Santa Barbara, CA 93106-4060, USA

Resumen:

On July 19, 2017, a high frequency sea-level fluctuation was observed in Santa Marta, Colombia, causing local coastal inundation. Analysis of atmospheric pressure, wind, relative humidity, temperature and radar data before and after this flooding event indicates that a cold front system extended from the interior of Colombia to the Pacific Ocean, then translated northeastward to the Caribbean Sea where it met dry and hot air during the day of the event. These conditions were conducive to instability in the troposphere, which resulted in temporary water level increases of up to 0.5 m after 8:00 a.m. (13:00 Universal Time Coordinated (UTC)) along the coastline surrounding Santa Marta. Using oceanographic, meteorological, and radar observations, this work examines the flooding event and the occurrence of discrete tsunami-like waves detected by a tide gauge in Santa Marta. Values of wave run-up as well as total water levels (TWL) during the flooding event are similar to those found during moderate storms and, depending on the tide height at the time of the event, both phenomena could result in the breaching of lagoons and coastal flooding. Our work challenges prior interpretations that the sea-level disturbance was caused by a submarine landslide and defines this event as a meteotsunami. Areas next to the coastline along the Colombian Caribbean should consider meteotsunamis as a natural hazard that can trigger coastal flooding, erosion, and affect coastal settlements.

Actualización de la tasa de erosión en el litoral Antioqueño por medio del monitoreo con drones y metodologías de ciencia ciudadana (CoastSnap)

Autores: Isabel López-Genes[1], Tatiana Correa-Quiñones[1], Carmelina Lozano-Sariego[1], Juan D. Patiño-Carmona[2], Missdry Martinez-Romero[2], Angie Alemán-Mosquera[2]

1 Universidad de Antioquia

2 Estudiante de Ingeniería Oceanográfica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia

* Isabel López-Genes hará la presentación oral.

Resumen:

El monitoreo de la línea de costa permite comprender la dinámica litoral y evaluar los procesos de erosión y acreción que afectan el litoral Antioqueño. En el marco del programa PIMECLA, se implementaron metodologías que permitieron identificar los cambios en la línea de costa, entre ellas el monitoreo mediante drones y la metodología de ciencia ciudadana CoastSnap, las cuales permitieron generar información para el análisis de la evolución del litoral. Por medio del monitoreo con dron se generaron ortofotos que permitieron identificar la posición actual de la línea de costa y compararla con registros previos (línea base), con el fin de identificar las zonas de erosión y depósito. Este monitoreo incluyó actividades de pre- campo, campo y procesamiento. En la fase de pre-campo se diseñaron los planes de vuelo y se definieron parámetros operativos como la altura de vuelo y la velocidad. De manera paralela, se planificó la ubicación de puntos de control en terreno, necesarios para georreferenciar las imágenes obtenidas durante los sobrevuelos. Durante la fase de campo se ejecutaron los vuelos utilizando drones, los cuales tomaron imágenes que posteriormente fueron utilizadas para generar ortomosaicos. Los puntos de control fueron georreferenciados mediante un GPS diferencial que garantizó una adecuada posición espacial en las fotos obtenidas. A partir de las ortofotos georreferenciadas se delimitó la línea de costa considerando criterios como el límite de la vegetación, la base de acantilados o las estructuras, según las características de cada una de las zonas. De manera complementaria, la metodología CoastSnap permitió realizar el monitoreo mediante fotografías tomadas por usuarios (habitantes y turistas) desde estaciones fijas instaladas en diferentes playas. Estas estaciones consisten en estructuras diseñadas para orientar la posición de los dispositivos móviles y asegurar que las fotografías se tomen siempre desde el mismo punto y con una perspectiva similar. Durante la instalación de las estaciones se determinaron parámetros geométricos como inclinación y rotación de la cámara, además de la ubicación de puntos de control medidos con GPS diferencial, lo que permitió realizar posteriormente la rectificación geométrica de las imágenes y su comparación temporal. El monitoreo con dron ha permitido identificar puntos críticos de erosión en el litoral antioqueño, entre los que se encuentran el sector del cementerio en Necoclí y la playa

del Malecón Turístico en San Juan de Urabá. Por su parte, la instalación de estaciones CoastSnap en playas turísticas de los municipios ha permitido consolidar una base de datos fotográfica que se usa para identificar cambios en las zonas monitoreadas. El monitoreo con drones y la metodología CoastSnap han permitido monitorear la línea de costa en el litoral antioqueño, combinando información obtenida con drones en campañas de campo y registros fotográficos continuos aportados por la comunidad. Esto permitió mejorar la comprensión de los procesos que controlan la dinámica litoral y proporciona insumos importantes para el seguimiento de la erosión costera.

Palabras clave: gestión de riesgo costero, monitoreo costero, erosión costera, litoral Antioqueño, PIMECLA
Keywords: coastal risk management, coastal monitoring, coastal erosion, Antioquia coastline, PIMECLA

Análisis de la concentración de clorofila y su relación con las variaciones estacionales del viento y descargas fluviales en el Golfo de Urabá.

Autores: Eidy Johana Sipion Mendoza*[1], Vladimir G. Toro-Valencia[2], Manel Grifoll[3]

[1] Estudiante de Maestría en Gestión Ambiental, Universidad de Antioquia, Grupo de Investigación en Sistemas Marinos y Costeros (GISMAC).

[2] Instituto de Ciencias del Mar, Universidad de Antioquia, Grupo de Investigación en Sistemas Marinos y Costeros (GISMAC).

[3] Laboratorio de Ingeniería Marítima, Universidad Politécnica de Cataluña.

Resumen:

Los ecosistemas estuarinos son zonas marinas donde interactúan de manera más clara procesos físicos, químicos y biológicos. Estos ecosistemas están influenciados por su hidrodinámica, la variabilidad meteorológica y los aportes de aguas y sedimentos continentales, los cuales modulan su calidad. La clorofila-a es una medida de la calidad del agua y biomasa del fitoplancton, proporcionando un importante indicador de la actividad biológica y el estado general de los ecosistemas marinos. El objetivo de este estudio es analizar cómo la variación estacional del viento y las descargas fluviales afectan la concentración de clorofila-a en el Golfo de Urabá durante el periodo 2014-2025, empleando datos in situ y bases de datos globales. La metodología incluye el análisis de información de la plataforma Copernicus y la comparación de bases datos (satélites y modelos) e información in situ (RedCAM). Se hizo una comparación de estas dos fuentes de datos y se calcularon estadísticas con el fin de evaluar sus relaciones. Adicionalmente, se analizaron campos de clorofila-a en diferentes escalas temporales. Los resultados preliminares evidencian que, en promedio en el golfo de Urabá se presenta un patrón espacial persistente durante todo el año, caracterizado por concentraciones más altas de clorofila en bahía Colombia y menores concentraciones desde el delta del río Atrato hacia el norte del golfo, sugiriendo un patrón sur-norte. Así como una alta influencia de la descarga de los ríos, como el Atrato. A nivel estacional, durante la época seca (diciembre-abril) se registran mayores valores en bahía Colombia en comparación con la época húmeda (mayo-noviembre). El análisis mensual muestra que los mayores valores de clorofila-a, se presentan en los meses de abril y mayo mientras que los valores mínimos en octubre y noviembre. Respecto a los análisis de los campos de vientos, se observa un patrón relacionado con las épocas climáticas y que de acuerdo con los campos de clorofila-a se espera tengan una adecuada correlación. En conclusión, se observa como se presentaron mayores concentraciones de clorofila-a al sur golfo, lo que puede estar asociado a la alta descarga de los ríos. Y a su vez tiene relación con el gradiente sur-norte mostrado por los campos de la variable.

Palabras clave: Clorofila-a, campos de viento, descarga fluvial, procesos físicos biológicos, golfo de Urabá.
Keywords: Kaeywords: Chlorophyll-a, wind fields, river discharge, physical/biological processes, Gulf of Urabá.

Análisis de la geometría de barreras flexibles y permeables para la protección costera / Analysis of the geometry of permeable and flexible barriers for coastal protection.

Autores: Héctor Quiceno e1*, Danna Cantillo g[2]

1 Dr. Ingeniería Matemática, Instituto de Matemáticas, Universidad de Antioquia

2 Estudiante de Ingeniería Oceanográfica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia * Héctor Quiceno E hará la presentación oral.

Resumen:

Las estructuras permeables y flexibles se han consolidado como alternativas de obras verdes para la protección costera. Estas estructuras son eficientes al disipar la energía y retener los sedimentos frente a los rompeolas rígidos convencionales, especialmente en contextos donde se requieren soluciones blandas y económicas. Estas barreras, además de ser ligeras y de rápida instalación, permiten el flujo natural de agua, sedimentos y corrientes, lo que reduce los impactos ambientales y los costos constructivos. Su porosidad facilita una mayor disipación de energía del oleaje, mientras que su flexibilidad atenúa las cargas inducidas y mitigar fenómenos como la resonancia, la reflexión y transmisión de energía de las olas. Este trabajo integra enfoques analíticos, numéricos y experimentales con el fin de comprender la dinámica del flujo y optimizar el desempeño de estas estructuras, reforzando su potencial como soluciones sostenibles y efectivas para la protección costera. Adicionalmente se usan modelos post-Boussinesq con el fin de estudiar los efectos de la propagación no lineal de onda en zonas cercanas a la costa, considerando el ángulo de incidencia y utilizando esquemas de simulación numérica 2D con y sin la barrera rígida. La geometría de la barrera se ha considerado como una función de las coordenadas espaciales (no de la profundidad) y se analizó el efecto que esta geometría tiene en los coeficientes de reflexión, difracción y transmisión de la energía de las mismas. Dicha geometría se presenta de manera numérica como condiciones de frontera sobre las ecuaciones de Boussinesq y en forma analítica como un problema de optimización sobre las condiciones de frontera. Los resultados preliminares sugieren que existe una geometría óptima de la barrera permeable para minimizar el coeficiente de transmisión y maximizar la disipación de la energía lo cual se espera, ayude a mitigar el efecto de erosión costera. Este trabajo nos permite utilizar de manera eficiente la teoría matemática y la computación para dar respuesta a las necesidades del territorio y debe llevar a una posterior etapa de desarrollo con las comunidades.

Palabras clave: Onda no lineal, modelo post-Boussineq, barreras permeables, geometría de barreras, PIMECLA.
Keywords: non-linear wave, post-Boussineq model, permeable barriers, geometry of barriers, PIMECLA.

Análisis de la variabilidad espacio-temporal de la shallow light layer en el mar Caribe / Analysis of the spatiotemporal variability of the shallow light layer in the caribbean sea

Autores: Santiago Barrera Méndez[1*], Yuley Cardona Orozco[1]

1 Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Minas, Grupo de investigación OCEANICOS

Resumen:

La estratificación superficial del océano desempeña un papel fundamental en el acoplamiento océano-atmósfera y en la regulación de procesos climáticos y oceanográficos, ya que controla la mezcla vertical y modula fenómenos como la amplificación de ondas internas y procesos de submesoescala (de Boyer Montégut et al., 2004; Holte et al., 2017; Sérazin et al., 2023). En el mar Caribe, una región de gran importancia oceanográfica y climática, la presencia de capas superficiales menos densas puede alterar la profundidad de la capa de mezcla, así como modificar los intercambios de calor entre océano y atmósfera. En este contexto, se detectó y caracterizó la variabilidad espacio-temporal de la Shallow Light Layer (SLL) en el mar Caribe, definida como una capa superficial muy somera (<10 m) de baja densidad, asociada a la presencia de aguas más cálidas y/o frescas que estabilizan fuertemente la estratificación superficial (Torres Parra, 2025). Para ello se utilizaron datos provenientes de un modelo numérico oceánico regional (CROCO), calibrado y validado para las condiciones del Caribe, a una resolución espacial de ~3 km, con 35 niveles verticales y un paso temporal de ~3 horas, considerando el periodo 2000-2016. La detección de la SLL se realizó mediante umbrales de densidad potencial, calculados a partir de una corrección en la salinidad absoluta a una profundidad de ~10 m, empleando la Gibbs SeaWater Oceanographic Toolbox y siguiendo la formulación de TEOS-10 (Toyoda et al., 2017; Treguier et al., 2023); se considera que la SLL está presente cuando la densidad potencial en algún punto de la columna de agua es menor que la densidad potencial corregida a ~10 m. Los resultados muestran una detección de la SLL frecuentemente mayor al 80% a lo largo de la costa Caribe colombiana, especialmente desde la desembocadura del río Magdalena hacia el sur de la cuenca. Cuando se considera la variabilidad a escala estacional, se evidencia un comportamiento marcado en la costa norte de Colombia y en las inmediaciones del Elevado de Nicaragua, con menores detecciones en el trimestre Enero-Marzo. Adicionalmente, se calculó el rotacional del esfuerzo del viento, encontrándose una concordancia espacial con la distribución de la SLL, particularmente en la costa Caribe colombiana; por el contrario, en regiones donde este forzamiento se debilita, como en La Guajira y en las inmediaciones del Elevado de Nicaragua, la SLL muestra señales de ruptura o menor persistencia. Estos resultados sugieren que la presencia de agua dulce superficial, el calentamiento del océano y el rotacional positivo del esfuerzo del viento asociado al Chorro de bajo nivel del Caribe, actúan conjuntamente en la formación y persistencia de la SLL, generando así una capa estable

que inhibe la mezcla vertical y modifica la transferencia de calor entre océano y atmósfera (Balaguru et al., 2012; Torres Parra, 2025). En conclusión, la SLL se presenta como una característica persistente en el Caribe colombiano, con variaciones vinculadas a la dinámica atmosférica; lo que resalta la importancia de considerar esta estructura en los estudios regionales sobre estratificación superficial e interacción océano-atmósfera.

Palabras clave: Estratificación superficial, Interacción océano-atmósfera, Forzamiento del viento, Mar Caribe, Variabilidad espacio-temporal.
Keywords: Surface stratification, Ocean–atmosphere interaction, Wind forcing, Caribbean Sea, Spatiotemporal variability.

Referencias:

de Boyer Montégut, C., Madec, G., Fischer, A. S., Lazar, A., & Iudicone, D. (2004). Mixed layer depth over the global ocean: An examination of profile data and a profile-based climatology. Journal of Geophysical Research: Oceans, 109(C12). Holte, J., Talley, L. D., Gilson, J., & Roemmich, D. (2017). An Argo mixed layer climatology and database. Geophysical Research Letters, 44(11), 5618-5626. Sérazin, G., Tréguier, A. M., & de Boyer Montégut, C. (2023). A seasonal climatology of the upper ocean pycnocline. Frontiers in Marine Science, 10, 1120112. Torres Parra R.R (2025). Upper ocean stratification in the Magdalena River plume and a Shallow Light Layer presence in the Caribbean Sea. Toyoda, T., Fujii, Y., Kuragano, T., Kamachi, M., Ishikawa, Y., Masuda, S., ... & Lee, T. (2017). Intercomparison and validation of the mixed layer depth fields of global ocean syntheses. Climate Dynamics, 49(3), 753-773. Treguier, A. M., de Boyer Montégut, C., Bozec, A., Chassignet, E. P., Fox-Kemper, B., McC. Hogg, A., ... & Yeager, S. (2023). The mixed-layer depth in the Ocean Model Intercomparison Project (OMIP): impact of resolving mesoscale eddies. Geoscientific Model Development, 16(13), 3849-3872. Balaguru, K., Chang, P., Saravanan, R., Leung, L. R., Xu, Z., Li, M., & Hsieh, J. S. (2012). Ocean barrier layers' effect on tropical cyclone intensification. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109(36), 14343-14347.

Análisis hidrodinámico intra-mareal del estuario del Río Magdalena / Intra-tidal hydrodynamic analysis of the Magdalena River estuary

Autores: Andrés Hernández-Rivera[1*], Óscar Álvarez-Silva[1]

1 Universidad del Norte, Colombia.

Resumen:

La dinámica de la intrusión salina en estuarios ha sido ampliamente estudiada a múltiples escalas temporales; sin embargo, la caracterización de los procesos intra-mareales y su acoplamiento con la circulación, la estratificación y la morfología sigue siendo limitada en estuarios tropicales micromareales dominados por caudal. En este contexto, el estuario del río Magdalena, ubicado en la costa Caribe colombiana, constituye un sistema de especial interés debido a su régimen hidrodinámico y a la presencia de un canal confinado y morfológicamente modificado en su desembocadura, que condiciona la dinámica interna. En este estudio se analiza la hidrodinámica intra-mareal del estuario del río Magdalena mediante modelación hidrodinámica tridimensional empleando el modelo MARHYD en Delft3D, con alta resolución temporal (10–30 minutos). Para ello, se simularon escenarios en régimen de caudal bajo (2400–4600 $m^3 s^{-1}$), rango en el cual se establece la intrusión de la cuña salina, integrando el análisis de su variabilidad, la estructura vertical de las anomalías de velocidad y la evolución temporal de la estratificación a lo largo del estuario. Los resultados evidencian que, aun en un sistema micromareal, la marea modula de forma significativa la dinámica intra-mareal en régimen de caudal bajo. Se identificó una variabilidad marcada en la longitud de la cuña salina, con amplitudes de hasta 4.9 km dentro de un mismo ciclo de marea, así como desfases temporales de hasta 5 horas entre el nivel del agua y la máxima penetración salina, lo que evidencia una respuesta no lineal del sistema frente al forzamiento mareal. La interacción entre la marea y la morfología del estuario emerge como un control clave en la modulación de la intrusión, generando discontinuidades espaciales, zonas de retención y frentes de salinidad persistentes asociados a estrechamientos del canal principal. Estas estructuras favorecen la aparición de zonas localizadas de mezcla, particularmente durante la fase de llenado, cuando la picnoclina. En términos de circulación, se identifica un desacople dinámico entre la capa superficial fluvial, la picnoclina y la capa de fondo, evidenciado por diferencias en fase, dirección y magnitud de las anomalías de velocidad. Este comportamiento refleja la coexistencia de respuestas barotrópicas y baroclínicas, moduladas por la estratificación y la fricción de fondo. En coherencia con lo anterior, intensificación de la erosión de la la estratificación presenta una variabilidad intra-mareal, caracterizada por pulsos de mezcla que se desarrollan principalmente en la base de la picnoclina cuando la cizalla vertical supera la estabilidad de la columna de agua. Estos eventos están controlados por la fase mareal y la interacción con la topografía, seguidos por periodos de reestratificación. En general, los resultados demuestran que la dinámica del

estuario del río Magdalena emerge de la interacción no lineal entre el caudal, la marea y la geometría del sistema, y destacan el papel de los procesos intra-mareales en la modulación de la intrusión salina, la circulación y la estratificación, aportando una perspectiva de alta resolución para la comprensión de estuarios tropicales micromareales.

Palabras clave: Hidrodinámica estuarina, Circulación estuarina, variabilidad intra-mareal, estratificación, topografía, modelación numérica.
Keywords: Estuarine hydrodynamics, Estuarine circulation, Intratidal variability, Stratification, Topography, Numerical modeling.

Análisis regional de la dinámica de la línea de costa en el Golfo de Urabá (Colombia) mediante teledetección entre 1984 y 2025

Autores: \Luisa Fernanda Buriticá Ruiz[1], Esteban Silva Rios[2] Vladimir Giovanni Toro[2]

1 Estudiante de Maestría, Universidad EAFIT

2 Instituto de Física, Universidad de Antioquia \ Luisa Fernanda Buriticá Ruiz hará la presentación oral

Resumen:

La evolución litoral es altamente variable y puede ser analizada por medio de teledetección. La dinámica de la línea de costa del Golfo de Urabá ha sido evaluada principalmente en sectores específicos. Por lo tanto, no existe una caracterización regional sistemática de largo plazo que permita identificar patrones espaciales de erosión y acreción. Este estudio cuantifica las tasas anuales de cambio de la línea de costa entre 1984 y 2025, a lo largo de todo el litoral del golfo, desde Punta Tarena (Turbo) hasta Punta Rey (Arboletes), mediante imágenes satelitales Landsat y Sentinel-2 procesadas con la herramienta de código abierto llamada CoastSat. Se seleccionaron un total de 30 zonas en las cuales se tienen en promedio 1700 imágenes satelitales. Tras un filtrado automático por nubosidad, se conservó aproximadamente el 38% de las imágenes. Luego mediante una validación manual se redujo el conjunto final a un 12% del total. Es de notar que la mayoría de esta información filtrada se encuentra a partir de 2010 con conjuntos de datos a resolución anual. La extracción de la línea de costa se realizó utilizando el índice MNDWI (Índice de Agua de Diferencia Normalizada Modificada). Las tendencias temporales fueron evaluadas en 5584 transectos perpendiculares a la línea de costa mediante la prueba de Mann–Kendall ($\alpha = 0,05$). Se estimaron las tasas de cambio a partir de la pendiente de los datos temporales (m/año). El 76% de las pendientes calculadas presentaron tendencias estadísticamente significativas. Se identificó un patrón erosivo dominante, ya que el 58% de las pendientes presentan tasas negativas con algún grado de erosión. El 53% de los casos corresponden a erosión ligera, con pendientes entre -0,1 a -4,9 m/año. Por otro lado, el 18% de los transectos evidencian procesos de acreción ligera, con pendientes entre 0,1 y 4,9 m/año. Las mayores tasas de acreción se concentran alrededor de los deltas de los ríos que desembocan en el golfo, con pendientes superiores a 4,9 m/año. Los resultados evidencian un desbalance regional, con una tendencia erosiva claramente predominante en las últimas cuatro décadas. Esta evaluación constituye un análisis regional sistemático de largo plazo basada en teledetección para el Golfo de Urabá.

Palabras clave: línea de costa, teledetección, tasa erosión/acreción, CoastSat, PIMECLA
Keywords: shoreline, remote sensing, erosion/accretion rate, CoastSat, PIMECLA

Análisis temporal del carbono orgánico disuelto en estuarios del Caribe Colombiano, con énfasis en el Río Magdalena temporal/ Analysis of dissolved organic carbon of some estuaries in the colombian caribbean - with focus in the Magdalena River

Autores: Santiago Elías Puello Valentino[1]\, Juan Camilo Restrepo López[1]

1 Departamento de física y geociencias, División de ciencias básicas, Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. \Autor que realiza la presentación oral/poster

Resumen:

Cuerpo del resumen Este estudio presenta una evaluación multitemporal de la dinámica del carbono orgánico disuelto (DOC) en la desembocadura del río Magdalena, el sistema fluvial más grande que drena hacia el Caribe colombiano, utilizando observaciones satelitales mensuales para el período comprendido entre septiembre de 1997 y diciembre de 2023. La comprensión de la variabilidad del DOC en esta región es fundamental para evaluar la contribución de los sistemas fluvio-costeros tropicales al ciclo global del carbono y para mejorar el monitoreo de los cambios ambientales asociados a la variabilidad climática. El objetivo de esta investigación es caracterizar la variabilidad temporal del DOC e identificar los principales forzantes hidroclimáticos que controlan su dinámica a escalas estacionales e interanuales. Para ello, se analizaron series de tiempo de DOC derivadas de sensores satelitales en relación con el caudal fluvial, la temperatura superficial del mar y grandes índices climáticos, incluyendo el Índice Oceánico de El Niño (ONI), mediante pruebas de tendencia no paramétricas y análisis espectral por wavelets. Los valores de DOC oscilaron entre 88,33 y 716,67 µmol L^{-1}, mostrando una asociación positiva con el caudal del río y una relación negativa con el ONI. La prueba de Mann–Kendall indicó una tendencia creciente estadísticamente significativa del DOC, con una pendiente de Sen de $5{,}8172 \times 10^{-5}$ mg L^{-1} $año^{-1}$. El análisis espectral reveló la presencia de modos de variabilidad multidecadales (8–16 años), interanuales (4–8 años) y bienales (1–2 años), con señales persistentes durante los periodos 1999–2006 y 2007–2020. Comparaciones con los sistemas del río Sinú, río Atrato y Canal del Dique evidenciaron oscilaciones multidecadales compartidas entre cuencas, con tendencias significativas en todos los ríos excepto el Atrato. Se propone que estas oscilaciones están moduladas por forzantes climáticos de gran escala, destacándose la Oscilación Multidecadal del Atlántico (AMO) como el principal controlador de la variabilidad del DOC en la región del Caribe. Aunque las oscilaciones de baja frecuencia contribuyen a los patrones observados, la AMO puede explicar las respuestas más intensas a escalas temporales amplias. Esta modulación tiene implicaciones directas sobre procesos oceanográficos regionales, como los regímenes de circulación, la temperatura superficial del mar, la mezcla estuarina, el tiempo de residencia y la exportación costa-afuera del carbono orgánico disuelto.

Palabras clave: Río Magdalena, estuarios, ciclos biogeoquímicos, carbono orgánico disuelto (DOC), interacciones tierra-océano.

Modelo batimétrico integrado del Golfo de Urabá y el litoral antioqueño

Autores: Juliana Ávila Beltran[1*], Vladimir G. Toro Valencia[2], Víctor J. Saavedra[2]

1 Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Colombia.

2 Instituto de Ciencias del Mar, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Colombia.

Resumen:

Antioquia, Colombia. El golfo de Urabá constituye un entorno altamente variable y complejo debido a su naturaleza estuarina, su morfología deltaica y la interacción de procesos fluviales, marinos y atmosféricos. En este sistema, la dinámica del fondo marino está fuertemente influenciada por el aporte sedimentario de los ríos, particularmente del río Atrato, así como por procesos de erosión y acreción a lo largo de la zona costera. En este contexto, la caracterización detallada de la batimetría resulta fundamental para avanzar en la comprensión de los procesos morfodinámicos y apoyar la gestión del entorno costero. En este estudio se analiza la variabilidad espacial de la batimetría en el golfo de Urabá y el litoral antioqueño. En esta región del Caribe colombiano, los levantamientos batimétricos se han realizado principalmente en aguas relativamente profundas (> 15 m) y de forma esporádica, generalmente en el marco de proyectos de investigación o campañas científicas. Por este motivo, en las zonas cercanas a la línea de costa no se dispone de mediciones que permitan monitorear la variabilidad espacial del fondo marino a escalas finas. Esta limitación dificulta la identificación y cuantificación de procesos de erosión y acreción asociados a la dinámica sedimentaria de la región. Para abordar esta problemática, se integran diferentes fuentes de información batimétrica, incluyendo bases de datos globales como GEBCO, información hidrográfica disponible de DIMAR y levantamientos batimétricos de alta resolución obtenidos en el marco del programa PIMECLA. A partir de estos datos se construirá un modelo batimétrico regional integrado que permitirá mejorar la representación del relieve submarino, aumentar la resolución en zonas costeras de interés y facilitar la identificación de patrones espaciales asociados a procesos deltaicos, erosión y acreción en el golfo de Urabá y el litoral antioqueño.

Palabras clave: batimetría, sedimentos, golfo de Urabá, litoral Antioqueño.

Evaluación espacial de la atenuación del oleaje inducida por un arrecife artificial utilizando un modelo numérico hidrodinámico.

Autores: Juan D. Patiño Carmona[1*], Víctor José Saavedra Mejía [2], Vladimir G. Toro Valencia[3]

[1] Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Colombia.

[2,3] Instituto de Ciencias del Mar, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad de Antioquia, Colombia.

Resumen:

Las estructuras sumergidas, como los arrecifes artificiales, pueden disipar la energía del oleaje y, con ello, contribuir a la mitigación de la erosión costera. En el litoral antioqueño, la erosión representa una problemática ambiental y social relevante debido a la pérdida de terrenos, la afectación de ecosistemas y el daño a la infraestructura pública y privada. En el municipio de Necoclí, la situación es especialmente crítica en el sector del cementerio, donde se han reportado tasas de retroceso de la línea de costa de hasta 3 m/año, la exposición de estructuras y ocasionando hace varios años la reubicación de más de 100 restos mortales. En este contexto, el presente estudio evalúa espacialmente la atenuación del oleaje producida por una estructura sumergida (arrecife artificial) como medida de mitigación a la erosión costera, mediante la aplicación del modelo numérico MWAPONCC, el cual permite la representación explícita de estructuras porosas y su interacción con el campo de oleaje en dos dimensiones horizontales. Se analizan distintas configuraciones en planta (posición, orientación y geometría) y se simulan escenarios con y sin arrecife a partir de parámetros integrales de oleaje, empleando además información batimétrica medida en el marco del proyecto PIMECLA. Los resultados preliminares han permitido identificar zonas de baja, media y alta atenuación, estimar los porcentajes de reducción del oleaje y determinar la configuración espacialmente óptima que maximice la disipación de energía. Asimismo, se esperan analizar los principales procesos físicos involucrados en la transformación del oleaje, tales como refracción, difracción, reflexión, asomeramiento y disipación, con el fin de evaluar la viabilidad del arrecife artificial como alternativa para reducir la energía del oleaje y contribuir a la protección del borde costero en el sector del cementerio de Necoclí.

Palabras clave: Modelo MWAPONCC, erosión costera, hidrodinámica costera, arrecife artificial.

Evaluación de las características del agua del Golfo de Urabá a través de la medición de transparencia en el sector de la boya Akuará, municipio de Necoclí (Antioquia)

Autores: Jhoan Farid Palacios Bejarano[1*], Vladimir G. Toro Valencia[2]

[1] Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Colombia.

[2] Instituto de Ciencias del Mar, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad de Antioquia, Colombia.

Resumen:

En entornos oceanográficos la transparencia del agua es una de las variables más importantes a determinar. Tradicionalmente el método más común para medir la transparencia del agua en el mar es mediante el disco Secchi, sin embargo, las mediciones son relativas ya que dependen de la destreza del observador. Con el fin de explorar otras maneras de medir la transparencia del agua, se usará un equipo de bajo costo llamado KduPro el cual permite obtener un valor del coeficiente de atenuación difusa de la luz (Kd) por medio del cual es posible determinar la transparencia del agua. Los valores de Kd dependerán principalmente de factores como la intensidad de la luz solar y a nivel oceanográfico de la cantidad de sedimentos (minerales y orgánicos) presentes en la masa de agua. Mediante los datos medidos por el sensor se busca analizar el comportamiento de la intensidad de la luz mediante las bandas rojas, verdes, azules y PAR (Radiación fotosintética activa) en varios niveles de la columna de agua. Con este fin se ubicarán en la cadena de la boya Akuará, 5 dispositivos, 3 de ellos entre 0 y 5 m de profundidad durante una semana. En esa semana se realizarán lances diarios con un CTD y con un disco Secchi con el fin de establecer valores de densidad, salinidad, temperatura y transparencia en profundidad. Luego las mediciones de los KduPro y los valores de los perfiles serán comparados. Finalmente, con los datos procesados se busca analizar las condiciones y características del mar en esa zona para establecer su relación con fenómenos oceanográficos y su vínculo con el medio ambiente.

Palabras clave: KduPro, transparencia, coeficiente de atenuación, disco secchi, radiación fotosintética, golfo de Urabá.

Calibración del modelo wavewatch III bajo distintos regímenes climatológicos en el mar Caribe

Autores: Duvan e. Cárdenas Sepulveda1*, Víctor j. Saavedra Mejía [2], Vladimir g. Toro Valencia [3]

1 Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

2 Instituto de Ciencias del Mar, Universidad de Antioquia, Colombia.

Resumen:

El oleaje en el Mar Caribe está controlado por una marcada variabilidad climatológica que modula tanto las condiciones medias como los episodios extremos. Esta condición exige que los modelos espectrales sean capaces de representar adecuadamente estos cambios para su uso en estudios oceanográficos, de gestión costera y riesgo. En este contexto, el modelo WaveWatch III es una herramienta ampliamente utilizada, cuyos resultados dependen en gran medida de la correcta calibración de los parámetros físicos asociados a los procesos de generación, disipación e interacciones no lineales del espectro de ondas. Con el propósito de mejorar la representación espacio-temporal del oleaje en el Caribe, esta investigación tiene como objetivo optimizar los coeficientes de las formulaciones ST2 y ST6 de WaveWatch III bajo distintos regímenes climatológicos identificados en la región. El estudio se desarrollará a partir de la caracterización de la variabilidad del oleaje utilizando reanálisis oceánicos y atmosféricos, con el fin de definir patrones climatológicos dominantes y seleccionar los periodos representativos para la calibración. Posteriormente, se implementarán simulaciones numéricas del modelo en un dominio regional del Caribe, forzado principalmente por campos de viento ERA5 y evaluando diferentes configuraciones de los parámetros de generación y disipación del oleaje para cada régimen identificado. La comparación entre las simulaciones y los datos observacionales disponibles permitirá analizar el desempeño del modelo en términos de métricas estadísticas como el sesgo y el error cuadrático medio. Se espera que la calibración diferenciada de ST2 y ST6 permita reproducir de manera adecuada los patrones de altura significativa, periodo y dirección del oleaje, reduciendo las discrepancias asociadas a variaciones estacionales, intensificación de los vientos alisios y eventos sinópticos de alto impacto. Asimismo, se prevé que el modelo calibrado mejore su capacidad para capturar picos de energía del oleaje durante condiciones extremas, lo que constituye un avance significativo frente a configuraciones no ajustadas. La discusión se centrará en el contraste entre la respuesta de ST2 y ST6 frente a los distintos regímenes, evaluando qué formulación se ajusta mejor a las condiciones típicas y cuáles parámetros muestran mayor sensibilidad física. Finalmente, se espera que la implementación de coeficientes óptimos incremente la precisión del modelo en toda la cuenca, proporcionando una base metodológica sólida para futuras aplicaciones relacionadas con dinámica costera, estudios de vulnerabilidad y la simulación robusta del oleaje en el Caribe.

Palabras clave: Oleaje, modelación numérica, Mar Caribe, WaveWatch III, climatología.

Análisis comparativo de criterios para la determinación de la línea de costa mediante fotogrametría con drones en Turbo, Antioquia / Comparative analysis of criteria for determining the coastline using drone photogrammetry in Turbo, Antioquia

Autores: Missdry Martínez Romero[1]*, Vladimir G. Toro Valencia[2], Victor J. Saavedra[2]

1Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Colombia.

2 Instituto de Ciencias del Mar, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad de Antioquia, Colombia.

Resumen:

La erosión costera como fenómeno natural causa un impacto significativo en las comunidades costeras, la infraestructura y los ecosistemas marino-costeros, representando un desafío socioeconómico, ambiental y cultural; en este contexto, el monitoreo de la línea de costa resulta fundamental para evaluar la dinámica litoral y apoyar la gestión costera. Los métodos tradicionales de monitoreo basados en análisis de imágenes satelitales presentan limitaciones asociadas a su resolución espacial y a la disponibilidad temporal de los datos. En contraste, la fotogrametría con drones se ha consolidado como una herramienta eficiente para obtener información de alta resolución en zonas costeras. Este estudio se realizará un análisis comparativo de diferentes criterios utilizados para la delimitación de la línea de costa a partir de ortofotografías obtenidas mediante drones en el Municipio de Turbo, Antioquia. En particular, se evaluarán dos criterios de delimitación de la línea de costa: la interfaz tierra-agua y la línea de vegetación. Para el desarrollo de este trabajo de investigación se realizarán vuelos fotogramétricos con drones, a partir de los cuales se generarán ortofotografías mediante procesamiento digital de imágenes. Posteriormente, se identificará la posición de la línea de costa utilizando las dos metodologías consideradas y se hará un análisis comparativo de los resultados obtenidos utilizando como

Palabras clave: Erosión costera, interfaz tierra– agua, línea de vegetación, ortofotos, fotogrametría con drones.

Referencias:

líneas de costa levantadas en campo mediante GPS diferencial. Los resultados de esta investigación permitirán comparar la posición de la línea de costa obtenida mediante los criterios de interfaz tierra-agua y línea de vegetación, con el fin de analizar las diferencias en su delimitación y su potencial aplicación en estudios de monitoreo y análisis de la dinámica costera.

Modelación hidrodinámica y morfodinámica de soluciones de protección costera en el Golfo de Urabá

Autores: Francisco Gambin[1]\, José Zapata[1], Marshall Diaz[1], Manuela Rendón[1], Duván Cardenas[2], María José Castaño[1], Carmelina Lozano[1], Zair Gómez[3], Wendy Sepúlveda[1], Sofia Carvajal[1], Víctor Saavedra[4], Carlos Palacio[5], Vladimir Toro[4]

1 Universidad de Antioquia

2 Estudiante de Oceanografía, Instituto de Ciencias de Mar, Universidad de Antioquia

3 Estudiante de Ingeniería Oceanográfica, Escuela Ambiental, Universidad de Antioquia

4 Instituto de Ciencias del Mar, Universidad de Antioquia

5 Escuela Ambiental, Universidad de Antioquia \ Francisco Gambin hará la presentación oral

Resumen:

La erosión costera constituye una de las principales problemáticas que afectan las zonas litorales del Caribe colombiano. Esta problemática genera retroceso de la línea de costa, pérdida de playas y afectación de infraestructura y asentamientos costeros. En el Golfo de Urabá varios sectores presentan procesos erosivos importantes, evidenciados por tasas de retroceso en promedio del orden de 3 m/año, alcanzando valores de hasta 15 m en un año en los sectores más críticos del litoral antioqueño. En este contexto, la modelación numérica se ha consolidado como una herramienta fundamental para profundizar en la comprensión de los procesos hidrodinámicos que controlan la evolución morfológica de las zonas costeras, así como para evaluar alternativas de ingeniería orientadas a la mitigación de la erosión costera. El objetivo de este estudio es analizar, mediante modelación numérica, la respuesta hidrodinámica y morfodinámica del sistema costero ante la implementación de obras verdes orientadas a la protección costera. Las obras propuestas fueron diseñadas para reducir los procesos erosivos en sectores estratégicos del golfo. Con este fin se implementó un esquema de modelación en múltiples escalas espaciales. En una primera fase se caracterizó el clima marítimo regional a partir de la propagación del oleaje desde aguas profundas hacia el interior del golfo utilizando el modelo de generación y propagación SWAN. Posteriormente, se realizaron simulaciones hidrodinámicas y morfodinámicas de alta resolución en dominios costeros locales utilizando el modelo XBeach, considerando escenarios representativos del régimen medio y extremal del oleaje, así como comparaciones entre condiciones con y sin la presencia de las obras. Estas simulaciones permitieron representar la respuesta morfodinámica del sistema costero bajo condiciones medias y eventos extremos, definidos a partir del análisis estadístico de las series temporales previamente generadas con el modelo

SWAN. Se evaluaron diferentes configuraciones de obras verdes, incluyendo enrocados, perfilamiento de taludes y estructuras permeables conformadas por troncos hincados. Los resultados sugieren que, para los escenarios analizados, la implementación de estas obras favorece la disipación de la energía del oleaje y promueve la acumulación de sedimentos en sectores previamente afectados por procesos erosivos. En particular, las simulaciones evidencian una reducción de la energía del oleaje en la zona cercana a la costa, así como una disminución en la intensidad de las corrientes litorales, lo que contribuye a limitar el transporte sedimentario. Como resultado, se identifican zonas de deposición que favorecen la recuperación del perfil de playa. Adicionalmente, las simulaciones morfodinámicas indican que la presencia de las estructuras propuestas puede reducir la tasa de erosión hasta en un 37 % en algunos de los perfiles analizados, evidenciando su potencial como alternativa para la mitigación de la erosión costera.

Palabras clave: Erosión costera, Modelación numérica, Golfo de Urabá, Obras de protección costera, PIMECLA
Keywords: Erosión costera, Modelación numérica, Golfo de Urabá, Obras de protección costera, PIMECLA.

Atenuación del oleaje por manglares del Caribe y Pacífico Colombiano: variabilidad regional y geomórfica / Wave attenuation by mangroves in the Colombian Caribbean and Pacific: regional and geomorphological variability

Autores: María Fernanda Acosta-Silva [1]*, David Alejandro Sánchez-Núñez [2] , Cesar David Padilla-Mendoza [3]

[1] Estudiante de pregrado. Universidad Nacional de Colombia, sede De La Paz. Valledupar, Colombia. macostas@unal.edu.co

[2] Doctorado. Universidad Nacional de Colombia, Dirección académica sede De La Paz. Valledupar, Colombia. dasanchezn@unal.edu.co

[3] Estudiante de maestría. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Medellín, Colombia. cpadillam@unal.edu.co (*Maria Fernanda Acosta-Silva hará la presentación oral/póster)

Resumen:

Los manglares son ecosistemas eficaces en la provisión del servicio de protección costera. Esta funcionalidad varía de acuerdo con la morfología del bosque, la hidrodinámica local y la geomorfología costera. En este contexto, se evaluó la influencia de reguladores morfométricos y oceanográficos de los manglares sobre la tasa de atenuación del oleaje (re). El análisis incluyó tres sitios con información primaria (San Andrés Islas, Ciénaga Grande de Santa Marta y Tumaco), dos sitios tomados de la literatura científica (Córdoba y Archipiélago de Islas del Rosario) y dos sitios adicionales con datos no publicados por un autor del presente estudio (Punta Soldado y Bahía Portete), con el fin de comparar la variabilidad regional. Los datos de oleaje local registrados por sensores de presión se procesaron mediante rutinas en Python. Posteriormente, se corrigió el efecto de *shoaling* de los datos utilizando el modelo numérico XBeach, en modo Surfbeat. Los resultados mostraron una marcada variabilidad regional, con valores de re de 0.22 m^{-1} en el Caribe y de 0.01 m^{-1} en el Pacífico. La prueba Mann-Whitney U evidenció diferencias significativas entre ambas regiones ($p = 0.04$). A nivel de sitios, en Ciénaga Grande de Santa Marta se estimó la mayor tasa de atenuación reportada hasta la fecha para el ecosistema de manglar (re = 0.49 m^{-1}). Asimismo, la variabilidad en la atenuación está condicionada por las características del ambiente costero regional. En términos generales, los mayores valores de atenuación se concentraron en ambientes deltaicos y lagunares del Caribe; mientras que los valores más bajos se registraron en ambientes estuarinos del Pacífico (re = 0.01–0.015 m^{-1}). El análisis multivariable indicó que la densidad volumétrica actúa como el regulador principal de la atenuación provista por el ecosistema. En conjunto, los resultados indican que la atenuación del oleaje en manglares no depende únicamente de las condiciones hidrodinámicas, sino

también de cómo la geomorfología costera y la estructura de la vegetación influyen en la interacción entre el oleaje, la marea y el bosque, lo que explica la variabilidad observada entre los diferentes ambientes costeros.

Palabras clave: Protección costera, modelación hidrodinámica, soluciones basadas en la naturaleza, *Rhizophora mangle*.
Keywords: Coastal protection, hydrodynamic modeling, nature based solutions, *Rhizophora mangle*.

Caracterización de las formas del lecho del Estuario del Río Magdalena

Autores: Oscar Álvarez-Silva[1]*, Brayan Navarro[1], Ronald Gutierrez[2], Humberto Avila[1], Juan Camio Restrepo[1]

[1] Universidad del Norte, Barranquila, Colombia

[2] Universidad de Ingenieria y Tecnologia (UTEC), Lima, Peru

Resumen:

Este estudio analiza las formas de lecho del Estuario del Río Magdalena (ERM) utilizando tres levantamientos batimétricos de alta resolución realizados bajo diversas condiciones climatológicas. A partir de esta información, se cuantifica la morfometría de las formas de fondo y se analiza su evolución. La dinámica de las formas de fondo se vinculó con los procesos hidrodinámicos y sedimentológicos documentados para el ERM y se comparó con las de varios estuarios y ríos utilizando la distancia de Mahalanobis. Los resultados muestran que, durante la temporada de baja descarga, la intrusión de cuña salina en el ERM inhibe el desarrollo de formas de fondo, lo que resulta en un lecho plano de orden inferior. Mientras tanto, las dunas más grandes se vuelven predominantes a lo largo del cauce del río cuando la cuña salina es expulsada del estuario durante las altas descargas. Sin embargo, la forma simétrica de estas dunas refleja la influencia de las mareas en la dinámica del cauce del río incluso durante las altas descargas. La aplicación de la distancia de Mahalanobis al ERM y a otros sistemas fluviales y estuarinos, permitió identificar sistemáticamente diversas características geométricas que distinguen las formas de lecho estuarino y fluvial.

Palabras clave: Formas del lecho, estuario, río Magdalena, geomorfología.

Caracterización de variables meteo-marinas para sitios con diseños de obras verdes. / Characterization of meteorological-marine variables for sites with green works designs.

Autores: Esneider Julio Bravo[1], Andrea M. Agudelo Arcila[1], Rafael Isaac Rivera[1], Jhoan F. Palacios Bejarano[2], Juliana Avila Beltran[3], Vladimir G. Toro Valencia[4], Carlos A. Palacio Tobón[4].

[1] Universidad de Antioquia; [2] Estudiante Ingeniería Oceanográfica, UdeA; [3] Estudiante de Oceanografía; [4] Profesor Instituto de Ciencias del Mar.

*Esneider Julio Bravo hará la presentación oral.

Resumen:

Las mediciones de parámetros meteo-marinos son los insumos fundamentales en el diseño de obras costeras. En el marco del programa PIMECLA, se realizaron mediciones batimétricas, granulométricas y de variables meteo-marinas en sitios específicos de municipios costeros de Antioquia. Con esta información se realizó una caracterización de cada sitio, tener un panorama general de cada uno de ellos y obtener insumos para los estudios y análisis de modelos numéricos, diseños conceptuales y de ingeniería para intervenciones costeras. En las mediciones de batimetría se empleó una ecosonda monohaz instalada en una embarcación menor desde la que se sigue la ruta del levantamiento definida en las líneas hidrográficas que se diseñan según sea el detalle requerido y el área a levantar. Las muestras para el análisis granulométrico fueron tomadas con tubo Shelby y teniendo en cuenta el perfil de playa en puntos en donde se observa variabilidad en los sedimentos y cercanos a las zonas de Swash y rompiente. Las condiciones meteorológicas fueron caracterizadas mediante mediciones in situ con estaciones meteorológicas que obtuvieron datos de precipitación, temperatura, radiación, humedad, viento, entre otros y los cuales se pueden consultar en la plataforma web Antioquia Mira su Cielo. Por su parte, las condiciones marinas se obtuvieron mediante la medición de datos in situ* por medio de sensores de presión (BlueLog), correntómetros (Aquadopp) y boyas de deriva por medio de los cuales se obtuvieron datos de oleaje, corrientes en la columna de agua y corrientes superficiales. Los resultados batimétricos evidenciaron profundidades entre 1 y 15 m con relieves mayormente planos y algunos cambios abruptos asociados a arrecifes rocosos en el sector noreste de las playas urbanas de Necoclí. La granulometría de los sitios estuvo caracterizada por arenas medias a finas, bien y moderadamente clasificadas. Las

condiciones meteorológicas evidenciaron promedios de 27.54°C y 85.77% para la temperatura y humedad relativa, con una radiación solar diurna de 320.33W/m^2 y presión atmosférica de 1010.97 hPa; en cuanto al régimen de vientos, predominó la dirección sur-suroeste con magnitud media de 1 m/s. En el caso de las condiciones marinas el oleaje y corrientes han mostrado patrones energéticos asociados a condiciones de época seca, con valores de altura de ola de hasta 0.84 m y velocidad de corrientes superficiales de 1.3 m/s. En el caso de las corrientes superficiales mostraron coherencia con la circulación superficial del golfo, con dirección hacia el nor-oeste desde sitios como boca El Roto. Los resultados han permitido caracterizar el relieve batimétrico de fondos disipativos y sedimentario relacionados a las características de los sedimentos analizados. Así como asociar los patrones de las condiciones meteo-marinas a las épocas climáticas. Los resultados confirmar la necesidad estudiar de manera conjunta la batimetría, los sedimentos y las condiciones meteo-marinas con el fin de fortalecer la gestión ambiental del litoral Antioqueño.

Palabras clave: Batimetría, sedimentos, mediciones meteo-marinas, litoral Antioqueño, PIMECLA.
Keywords: Bathymetry, sediments, marine weather measurements, Antioquia coastline, PIMECLA.

Condiciones anómalas durante la formación y desarrollo de los huracanes Eta e Iota (2020) / Anomalous conditions during the formation and development of hurricanes Eta and Iota (2020)

Autores: Daniel Aguirre Osorio*, Mauricio Zapata Henao, Yuley Cardona Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Minas, Grupo de investigación OCEANICOS

Resumen:

La temporada de huracanes del Atlántico Norte en 2020 fue una de las más activas registradas históricamente y presentó una marcada actividad durante octubre y noviembre. En este contexto se desarrollaron consecutivamente los huracanes Eta e Iota en el Caribe occidental, una región donde la ocurrencia de huracanes mayores en latitudes bajas es poco frecuente. Desde 1851 sólo tres sistemas habían alcanzado categorías de 3, 4 o 5 en cercanías a Colombia, lo que resalta el carácter excepcional de estos eventos y motiva el análisis de las condiciones ambientales que los acompañaron. Este trabajo evalúa las condiciones oceánicas y atmosféricas asociadas a la formación, evolución y trayectoria de los huracanes, integrando climatología regional, análisis de anomalías y condiciones previas a la génesis. Se utilizaron datos del reanálisis ERA5 para caracterizar la cizalladura vertical del viento, CAPE, CIN y presión a nivel del mar, así como temperatura superficial del mar del producto OISST v2.1. Además, se identificaron umbrales conjuntos de CAPE–CIN representativos de ambientes favorables a la génesis ciclónica mediante el índice de True Skill Statics, evidenciando una disminución estacional de los valores críticos hacia noviembre. Los resultados muestran que, aunque el Caribe occidental presentó anomalías positivas de temperatura superficial del mar durante ambos eventos, estas no fueron excepcionalmente extremas en comparación con otras temporadas activas. En contraste, la configuración del campo de presión atmosférica, particularmente la extensión hacia el oeste del anticiclón subtropical del Atlántico Norte favoreció a que se desarrollaran trayectorias zonales, afectando así el Caribe colombiano. La cizalladura vertical del viento presentó anomalías relevantes durante el periodo de estudio, actuando en algunos momentos como un factor modulador de la estructura y evolución de los sistemas. El análisis indica que la ocurrencia y el comportamiento de Eta e Iota en el Caribe colombiano estuvieron asociados a la coincidencia de un patrón de presión favorable para su desplazamiento y un entorno termodinámico que cumplía con las condiciones necesarias para su desarrollo durante una fase tardía de la temporada ciclónica.

Palabras clave: Huracanes Eta e Iota, Caribe occidental, Anticiclón subtropical, Cizalladura vertical, Interacción océano–atmósfera
Keywords: Eta & Iota hurricanes, Western Caribbean, Subtropical anticyclone, Vertical wind shear, Ocean–atmosphere interaction

Connection between spectral wave systems and sediment transport in a macrotidal beach of the colombian pacific /Conexión entre sistemas espectrales de oleaje y transporte de sedimentos en una playa macromareal del Pacífico Colombiano

Autores: Darwin Aramburo[1*], Rubén D. Montoya[2], Andrés F. Osorio[3,4 1] Universidad Tecnológica del Chocó "Diego Luis Córdoba", Grupo de Investigación en Gestión de las Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemática (GESTEM+B), Grupo de Investigaciones Pedagógicas en el Área de las Matemáticas (INPEMA), Cra. 22 No 18B-10B, Quibdó-Colombia. [2] Universidad de Medellín, Grupo de Investigación en ingeniería Civil GICI, Grupo de investigación en Calidad del agua y Modelación Hídrica GICAMH, Universidad de Medellín, Carrera 87 N° 30 – 65, Medellín, Colombia. [3] Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín - Facultad de Minas - Departamento de Geociencias y Medio Ambiente - Grupo de investigación OCEANICOS - Cra.80 No. 65-223 Bloque M[2], Medellín, 050041, Colombia. [4] Center of Excellence in Marine Science, CEMARIN.

Resumen:

La dinámica del oleaje en zonas costeras desempeña un papel fundamental en los procesos morfodinámicos, siendo uno de los principales controladores del transporte sedimentario; sin embargo, la relación entre los sistemas espectrales de oleaje y la respuesta morfológica de playas macromareales aún no ha sido suficientemente explorada. En este contexto, el objetivo de esta investigación fue establecer la conexión entre los sistemas espectrales de oleaje, generados localmente por el viento (sea) y sistemas de swell remotos, y el transporte potencial de sedimentos en Playa Palmeras, ubicada al suroeste de la Isla Gorgona (Pacífico colombiano). Para ello, se analizaron los sistemas de oleaje mediante partición espectral y su variabilidad temporal, junto con mediciones periódicas de perfiles de playa entre 2011 y 2020, permitiendo evaluar la respuesta morfológica del sistema costero. Los resultados muestran la presencia de cuatro sistemas dominantes, donde los sistemas generados localmente por el viento (S1 y S2) aportan el 48% de la energía total, mientras que los sistemas de swell (S3 y S4), provenientes de fuentes remotas del suroeste y noroeste, contribuyen con el 52% restante. La variabilidad del oleaje presenta un comportamiento estacional, con máximos en septiembre y mínimos en marzo, asociado principalmente al fortalecimiento de los sistemas de swell del suroeste. Asimismo, el análisis de los perfiles de playa evidencia patrones de variabilidad espacial y temporal vinculados tanto a la estacionalidad como a la influencia del fenómeno ENSO. La correspondencia entre la intensidad del oleaje, su dirección y período, y los cambios en la morfología costera sugiere que los eventos de mayor energía favorecen procesos de transporte sedimentario más activos, especialmente durante periodos de mayor dominancia de swell. En consecuencia, este estudio demuestra que la integración del análisis espectral del oleaje con información morfológica permite comprender mejor los mecanismos de transporte sedimentario en playas

macromareales ante la presencia de sistemas espectrales complejos, aportando información clave para la gestión costera y la evaluación de la dinámica litoral en el Pacífico colombiano.

Palabras clave: oleaje espectral; transporte de sedimentos; swell; mar de viento; Pacífico colombiano
Referencias Bibliográficas Esteves, L., Williams, J., & Lisniowski, M. (2009). Measuring and modelling longshore sediment transport. 47–59. Estuarine, https:
Keywords: /doi.org/10.1016/j.ecss.2009.03.020 Science, Coastal 83(1), Shelf and Laignel, B., Vignudelli, S., Almar, R., Becker, M., Bentamy, A., Benveniste, J., Birol, F., Frappart, F., Idier, D., Salameh, E., Passaro, M., Menende, M., Simard, M., Turki, E. I., & Verpoorter, C. (2023). Observation of the Coastal Areas, Estuaries and Deltas from Space. Surveys in Geophysics, 44(5), 1309–1356. https://doi.org/10.1007/s10712-022-09757-6 Noujas, V., Kankara, R. S., & Rasheed, K. (2018). Estimation of Longshore Sediment Transport Rate for a Typical Pocket Beach Along West Coast of India. Marine Geodesy, 41(2), 201–216. https://doi.org/10.1080/01490419.2017.1422818 Rao, V. R., Murthy, M. V. R., Bhat, M., & Reddy, N. T. (2009). Littoral sediment transport and shoreline changes along Ennore on the southeast coast of India: Field observations and numerical modeling. Geomorphology, 112(1–2), 158–166. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.05.015

Desempeño de modelos omip en la estratificación histórica y proyecciones futuras: Caribe y Pacífico Colombiano / Performance of omip models in historical stratification and future projections of the colombian caribbean and pacific

Autores: Camilo Andrés Quintero*, Yuley Cardona Orozco. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Minas, Grupo de investigación OCEÁNICOS

Resumen:

El océano absorbe más del 90 % del exceso de calor generado por el forzamiento antropogénico en el sistema climático global, regulando la magnitud y la velocidad del calentamiento atmosférico. La eficiencia con la que este calor es transferido hacia el interior del océano depende críticamente de la estratificación vertical, definida por el gradiente de densidad que controla el intercambio entre capas superficiales y profundas. En regiones tropicales, donde predominan fuertes gradientes térmicos y halinos, pequeñas variaciones en la estructura vertical pueden modificar la dinámica oceánica, la mezcla, el intercambio de gases y el suministro de nutrientes, con implicaciones para la productividad y la regulación climática. Aunque el fortalecimiento global de la estratificación ha sido documentado, su comportamiento y representación a escala regional continúan siendo una fuente relevante de incertidumbre, particularmente en sistemas oceánicos tropicales. Esta brecha es especialmente significativa para Colombia, único país sudamericano con costas en dos cuencas contrastantes: el Caribe y el Pacífico. Las diferencias dinámicas entre ambas regiones plantean interrogantes sobre la capacidad de los modelos globales para reproducir la estabilidad de la columna de agua y proyectar su evolución bajo escenarios de cambio climático. El objetivo de este trabajo es evaluar el desempeño histórico de un conjunto de modelos ocenánicos OMIP (CMIP6) en la representación de la estratificación termo-halina en ambas cuencas y analizar los cambios proyectados durante el siglo XXI. La estratificación se cuantificó mediante la frecuencia de boyancia, empleando el reanálisis oceánico GLORYS como referencia. Se analizaron los patrones espaciales, la estructura vertical (0–500 m) y la variabilidad temporal durante 1993–2018, y posteriormente las tendencias proyectadas para 2020–2100 bajo distintos escenarios climáticos. Los los modelos OMIP reproducen adecuadamente la variabilidad temporal y los principales patrones espaciales de la frecuencia de resultados muestran que boyancia en el período histórico, incluyendo el ciclo anual y la señal asociada a ENSO; no obstante, presentan sesgos sistemáticos en temperatura y salinidad que afectan la magnitud y distribución vertical de la estratificación. En el Caribe, los modelos tienden a sobreestimar la estabilidad debido a una subsuperficie excesivamente cálida y salina, mientras que en el Pacífico la estratificación es subestimada por la representación de una termoclina fría y desplazada verticalmente. Las tendencias históricas evidencian un fortalecimiento progresivo de la estratificación superficial, más robusto y coherente en el Pacífico. Las proyecciones futuras indican una intensificación

adicional de la estabilidad vertical durante el siglo XXI, principalmente en los primeros cientos de metros, cuya magnitud aumenta con el nivel de forzamiento climático. El Pacífico exhibe una intensificación consistente y amplificada de la estratificación con el aumento del forzamiento, junto con una transición del ciclo anual unimodal a uno bimodal, mientras que el Caribe muestra una respuesta más variable, estacionalmente modulada y menos lineal, con mayor dependencia del modelo y del escenario. Se concluye que, aunque los modelos OMIP constituyen una base sólida para analizar la evolución de la estratificación, la confiabilidad de las proyecciones regionales depende de la adecuada representación histórica de la estructura térmica y halina.

Palabras clave: Estratificación oceánica; OMIP–CMIP6; Caribe colombiano; Pacífico oriental tropical; cambio climático.
Keywords: Ocean stratification; OMIP–CMIP6; Colombian Caribbean; Eastern Tropical Pacific; climate change.

Detección de frentes térmicos superficiales en la región la Guajira– Magdalena durante el período de máxima surgencia: respuesta al enso mediante el algoritmo GoMoLi y datos / Mur-ghrsst

Autores: María f. Juvinao-Ortiz, Jean r. Linero-Cueto, Enrique-Morales-Acuña, Diego Gómez-Sánchez

Resumen:

La detección automática de frentes de temperatura superficial del mar (TSM) en sistemas de surgencia costera tropical ha dependido históricamente de algoritmos concebidos para condiciones oceanográficas del hemisferio norte. Canny (1986), siendo un detector de bordes de propósito general, carece de todo criterio de significancia oceanográfica: detecta indistintamente frentes reales, bordes de nubes, ruido instrumental y gradientes de pequeña escala sin relevancia física, generando una alta tasa de falsas detecciones en imágenes de TSM costeras. Cayula y Cornillon (1992), aunque diseñado específicamente para TSM, impone el supuesto de bimodalidad estricta en la distribución de temperaturas dentro de cada ventana de análisis — supuesto que se viola sistemáticamente en la región de La Guajira, donde la surgencia costera coexiste con la pluma continental del río Magdalena y las aguas oceánicas cálidas de la Corriente del Caribe, produciendo distribuciones de TSM multimodales y gradientes difusos que el algoritmo es incapaz de resolver correctamente. Adicionalmente, Cayula-Cornillon produce segmentos frontales discontinuos que requieren un algoritmo de concatenación adicional, introduciendo subjetividad en el resultado final. Ninguno de estos algoritmos incorpora un criterio explícito de significancia física que permita distinguir frentes oceánicos de mesoescala de estructuras irrelevantes. Frente a estas limitaciones, este trabajo presenta GoMoLi (Gradient, Morphology and Length), un algoritmo original desarrollado íntegramente en la Universidad del Magdalena, que supera a sus predecesores mediante tres innovaciones fundamentales integradas en una sola cadena de procesamiento: (1) el cálculo del gradiente horizontal de TSM para identificar zonas de máximo contraste termal, superando la dependencia de supuestos distribucionales de Cayula-Cornillon; (2) operaciones de morfología matemática para el refinamiento y continuidad automática de fragmentación característica de Canny y el algoritmo de concatenación subjetivo de Cayula-Cornillon; y (3) un criterio de longitud mínima de 200 km que garantiza la retención exclusiva de estructuras frontales rechazando automáticamente artefactos instrumentales, bordes de nubes y gradientes de pequeña escala — filtro de significancia física que ningún algoritmo previo incorpora. GoMoLi no impone supuestos distribucionales sobre lo hace inherentemente robusto ante la complejidad termohalina del Caribe colombiano, donde los algoritmos clásicos fallan con mayor frecuencia. las masas de agua analizadas, frontales, eliminando escala mesoscalar oceanográficamente los contornos relevantes, lo que de la GoMoLi fue aplicado sobre imágenes diarias de TSM del producto MUR-

GHRSST (~1 km, JPL- NASA) durante el trimestre enero–marzo del período 2003–2023 — 21 años consecutivos que constituyen la serie temporal de mayor resolución espacial aplicada al estudio de frentes de TSM en esta región. Este trimestre corresponde al pulso de surgencia más intenso del año en La Guajira, cuando los vientos alisios del noreste alcanzan su máxima expresión y el transporte de Ekman costero es más activo. El análisis interanual revela una respuesta física coherente y sistemática del área de surgencia ante las fases del ENSO, mediada por la intensidad de los alisios sobre el Caribe meridional. Durante años neutros, los alisios operan con su intensidad climatológica y el área de surgencia exhibe su expresión estacional típica, con frentes bien definidos de extensión y gradiente termal medios. Durante años de El Niño moderado o fuerte, el calentamiento del Pacífico ecuatorial debilita el gradiente de presión atmosférica sobre el Caribe sur, reduce la intensidad de los alisios y, por consiguiente, el transporte de Ekman costero: el área de surgencia se contrae, y GoMoLi detecta frentes menos frecuentes, de menor extensión y gradiente termal más débil. Durante años de La Niña, el enfriamiento del Pacífico ecuatorial intensifica los alisios y el Jet de Bajo Nivel del Caribe (CLLJ), amplificando el transporte de Ekman y expandiendo notablemente el área de surgencia: GoMoLi detecta frentes más frecuentes, más extensos y de mayor gradiente termal, con penachos de agua fría que se prolongan hacia el noroeste sobre la Corriente del Caribe. GoMoLi representa la primera contribución algorítmica colombiana al campo de la detección objetiva de frentes oceánicos de TSM, y sus resultados constituyen la climatología frontal de mayor resolución espaciotemporal disponible para el sistema de surgencia de La Guajira — con superioridad técnica demostrable frente a Canny y Cayula-Cornillon — y con aplicaciones directas en oceanografía operacional, modelación de ecosistemas marinos y gestión pesquera en el Caribe norte colombiano.

Palabras clave: GoMoLi, frentes de TSM, Surgencia, Alisios, Ekman, SOI

Distribución espacial y concentración de metales traza en sedimentos de la pluma del Río Magdalena / Spatial distribution and trace metal concentrations in sediments from the Magdalena River plume

Autores: Juan Mateo Monrroy Montes[1]*, Pedro Pablo Vallejo Toro[2] [1] Estudiante Oceanografía, Instituto de Ciencias del Mar, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Colombia. [2] Doctor en Ciencias del Mar, Instituto de Ciencias del Mar, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Colombia.

Resumen:

La pluma del río Magdalena constituye una de las principales fuentes de aporte de sedimentos, materia orgánica y contaminantes hacia el Caribe colombiano, desempeñando un papel clave en la dinámica oceanográfica, los procesos sedimentarios y la calidad ambiental de la plataforma continental. En este contexto, el objetivo de este estudio es analizar la distribución espacial y la concentración de metales traza en sedimentos marinos de su zona de influencia, considerando su relación con características sedimentológicas como la granulometría, el contenido de materia orgánica y carbonatos. La investigación se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental de tipo descriptivo y correlacional. Las muestras de sedimento fueron recolectadas durante una expedición oceanográfica en la plataforma continental frente a la desembocadura del río Magdalena, empleando nucleadores cilíndricos, obteniendo núcleos subsuperficiales entre 0 y 40 cm de profundidad. La caracterización granulométrica fue realizada por difracción láser, permitiendo establecer la distribución del tamaño de grano, mientras que el contenido de materia orgánica y carbonatos se determinó a través de pérdida por ignición (LOI). La concentración de metales traza (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni y Pb) fue determinada mediante digestión ácida y seguida de espectrofotometría de absorción atómica (AAS), aplicando controles de calidad analítica para garantizar la confiabilidad de los datos. De manera preliminar, los resultados evidencian variaciones espaciales en la distribución de metales, con tendencias a registrar mayores concentraciones asociadas a sedimentos finos (limos y arcillas) y a mayores contenidos de materia orgánica, lo que sugiere procesos de adsorción y acumulación diferencial. Asimismo, los mapas de distribución espacial elaborados a partir de Sistemas de Información Geográfica (SIG), incluyendo mapas de contorno y mapas de calor para todas las variables analizadas, permiten identificar zonas de acumulación preferencial y patrones de dispersión vinculados a la dinámica de la pluma fluvial. Estos resultados preliminares sugieren que la interacción entre procesos hidrodinámicos, sedimentarios y aportes continentales controla la distribución de metales en la zona de estudio. Se espera establecer relaciones más robustas a partir del procesamiento estadístico detallado, incluyendo análisis multivariados y la aplicación de índices geoquímicos como el índice de geoacumulación (Igeo), el factor de

enriquecimiento (EF) y el factor de contaminación (CF), con el fin de evaluar niveles de enriquecimiento y posibles fuentes de origen natural o antrópico, contribuyendo a la construcción de una línea base ambiental y al fortalecimiento del monitoreo en el Caribe colombiano.

Palabras clave: metales traza, sedimentos marinos, río Magdalena, granulometría, SIG
Keywords: trace metals, marine sediments, Magdalena River, grain size, GIS

Efectos de la acidificación en la regeneración de *Eurythoe complanata*, estresor del cambio climático.

Autores: C.F. Joven Pérez[1], V.H. Delgado Blas[1] y R.G. Uc Peraza[11]

1 Universidad Autónoma de Quintana Roo, División de Ciencias, Ingeniería y Tecnologia, Chetumal, Quintana Roo, 77019, México.Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo. (Joven Pérez hará la presentación oral)

Resumen:

Las actividades humanas representan varios factores de estrés para los sistemas acuáticos, provocando condiciones de acidificación afectando directa e indirectamente a la biodiversidad en los ecosistemas marinos. Algunos grupos taxonómicos de invertebrados tienen la capacidad de regenerar sus extremidades cuando son atacados por algún depredador. Estudiar la regeneración permite evaluar la capacidad de los organismos para recuperarse de lesiones; este proceso es muy sensible, dado a que se ve influenciado por diversos factores y pequeñas variaciones de parámetros en el medio pueden ralentizar o inhibirla. Comprender cómo la acidificación puede influir en la regeneración es esencial para evaluar la capacidad adaptativa de las especies marinas al cambio climático. El poliqueto *Eurythoe complanata* (Pallas, 1766) tiene la capacidad de regeneración de sus extremos anterior y posterior (refiriéndose a que crece un prostomio (cabeza) y pigidio (ano) en condiciones naturales)1. También, tiene implicaciones ecológicas ya que un ejemplar puede generar dos o más individuos2. Se analizó los efectos de la acidificación sobre la capacidad regenerativa (variable de respuesta) del anélido *E. complanata* en los extremos anteriores y posteriores. Se realizaron bioensayos de tipo estático con rangos de pH basados en los valores medidos en el sitio de muestreo y el escenario previsto de cambio climático para 2100 (IPCC, 2023). Las condiciones correspondientes a los diferentes tratamientos de pH fueron: 8.1 (control), 7.8, 7.5 y 7.3. El inicio del proceso regenerativo en los experimentos se vio notablemente retrasado por la acidificación. En la condición control (8.1) se comenzó a generar segmentos nuevos alrededor del día 12, la condición de pH 7.8 mostró un retraso en la activación, iniciando el crecimiento significativo después del día 24. Los bioensayos del pH 7.5 iniciaron la regeneración a partir del día 22, mientras que los organismos en condiciones de 7.3 no lograron regenerar en el tiempo del experimento. En la condición de control (pH 8.1), los fragmentos regeneraron un promedio final de aproximadamente 14 segmentos nuevos al cabo de 50 días. En la condición de estrés (pH 7.5), la regeneración se redujo drásticamente, alcanzando un promedio de solo 5 a 6 segmentos en el mismo periodo. Esta diferencia representa una reducción de más del 60% en la capacidad regenerativa. Todos los organismos de los bioensayos de pH 7.5 que regeneraron segmentos nuevos, presentaron malformaciones importantes en estas nuevas estructuras. Al principio del experimento, comenzaron a crecer de manera normal, pero a partir del día 35

empezaron a perder todas las setas y expulsar partes de su intestino. Se observaron daños en las estructuras de 10 organismos (7 de pH 7.5 y 3 de pH 7.8), como falta de ojos y carúncula. La acidificación impacta drásticamente la regeneración de *E. complanata*, retrasando el inicio del proceso y reduciendo la formación de nuevos segmentos. Las malformaciones y daños estructurales de pH inferior a condiciones normales evidencian un estrés fisiológico crítico que compromete la integridad del organismo. Los escenarios de acidificación previstos amenazan la supervivencia y resiliencia de esta especie, limitando su capacidad de recuperación ante lesiones.

Palabras clave: Acidificación, cambio climático, malformaciones, poliquetos, regeneración. (Yáñez-Rivera & Méndez, 2014)(Weidhase et al., 2015) 1 Weidhase, M., Beckers, P., & Helm, C. (2015). Myoanatomy and anterior muscle regeneration of the fireworm Eurythoe cf. complanata (Annelida: Amphinomidae). *Journal of Morphology*, *277*(3), 306–315. https:
Keywords: /doi.org/10.1002/jmor.20496 2Yáñez-Rivera, B., & Méndez, N. (2014). Regeneration in the stinging fireworm Eurythoe Annelida): Lipid and triglyceride evaluation. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, *459*, 137–143. https://doi.org/10.1016/j.jembe.2014.05.023

Efectos de las condiciones climáticas en las dinámicas fisicoquímicas de la Bahía de Pozos Colorados / Effects of climate on physicochemical dynamics in pozos colorados bay

Autores: Juan José Cárdenas-Carreño[1*], Félix Alvarado[2], Edison Rafael Lea Charris[3], Ana María Infante[4], Juan Carlos Narváez5.

[1-3-4-5] Grupo de investigación en Evolución, Sistemática y Ecología Molecular, Universidad del Magdalena

[2] Grupo de investigación en Ecología y diversidad de algas marinas y arrecifes Coralinos, Universidad del Magdalena (*Juan José Cárdenas-Carreño hará la presentación oral/póster).

Resumen:

El sector marino de Pozos Colorados, en Santa Marta, constituye un sistema costero tropical donde las condiciones ambientales regulan la dinámica fisicoquímica de la columna de agua. En este contexto, desde 2013 se han implementado intervenciones de restauración mediante la instalación de arrecifes artificiales por CENIT-ECOPETROL, incluyendo seis estructuras cúbicas hundidas en 2013, seis estructuras adicionales de configuración piramidal en 2015 y la monoboya Valeria en 2024, consolidando un sistema de 13 estructuras sumergidas. El objetivo de este estudio fue analizar las variaciones en las condiciones fisicoquímicas entre épocas climáticas del sector. Durante agosto de 2024 y noviembre de 2025 se desarrolló un monitoreo en diferentes épocas climáticas (seca, lluviosa y de transición), mediante un diseño espacial que incluyó estaciones en zonas arrecifales y áreas de influencia de descargas fluviales, en las que se evaluaron parámetros fisicoquímicos como temperatura, pH, salinidad, oxígeno disuelto, turbidez, conductividad, potencial de oxidación-reducción (ORP) y sólidos disueltos totales (SDT), a partir de mediciones in situ con sonda multiparamétrica y muestreos en superficie (< 0,25 metros) y profundidad (> 10 metros). Los resultados evidencian una marcada variabilidad espacio-temporal, donde la época lluviosa estuvo asociada a disminuciones en salinidad (32,5 PSU) y aumentos en turbidez (35 NTU) y SDT (25,2 mg/L), reflejando el efecto directo de las descargas continentales sobre la composición del agua. Contrario a la época seca en la que se presentaron condiciones más estables, con mayor salinidad (33,5 PSU), menor turbidez y una mayor homogeneidad en la columna de agua, el oxígeno disuelto (5,2 mg/L) y el ORP (234,2 mV) exhibieron patrones que sugieren condiciones predominantemente oxidantes, con variaciones vinculadas a procesos de mezcla y acumulación de materia orgánica. Es posible identificar las diferencias en las variables fisicoquímicas a partir de la interacción entre las épocas climáticas y los aportes fluviales, los cuales condicionan la dinámica del sistema costero. No obstante, estas variaciones no solo reflejan cambios en las condiciones del medio, sino que también inciden directamente en los grupos biológicos asociados al sistema. Así mismo, comprender estas dinámicas permite inferir patrones

ecológicos a mayor escala, al demostrar cómo las fluctuaciones ambientales regulan indirectamente el comportamiento del sistema natural. En ese sentido, el análisis de estos parámetros no se limita a una caracterización del medio, sino que aporta una base sólida para interpretar la respuesta de los ecosistemas frente a la variabilidad climática y los aportes continentales, consolidándose como una herramienta clave para la gestión, comprensión y conservación de sistemas costeros del Caribe colombiano.

Palabras clave: Variabilidad climática, parámetros fisicoquímicos, sistemas estuarino-costeros, descargas continentales, dinámica ambiental
Keywords: Climatic variability, physicochemical parameters, estuarine-coastal systems, continental discharges, environmental dynamics.

Estructura tridimensional y variabilidad temporal de las ondas de calor marinas en el Mar Caribe / Three-dimensional structure and temporal variability of marine heat waves in the caribbean sea

Autores: Andrea Devis-Morales[1*], Raúl Andrés Montoya Sánchez[1], Álvaro Ávila[1], Benjamín Quesada[1]
[1]PhD. Escuela de Ciencias e Ingeniería, Universidad del Rosario, Colombia.

Resumen:

El mar Caribe ha experimentado un calentamiento anómalo en las últimas décadas, lo que ha generado olas de calor marinas (OCM), que se definen como eventos en los que la temperatura de la superficie del mar (TSM) es inusualmente alta, superando un umbral que varía estacionalmente, generalmente el percentil 90, y que persisten durante al menos cinco días consecutivos. Su frecuencia e intensidad han aumentado, lo que ha provocado daños ecológicos, como la mortalidad de especies y la reconfiguración de las comunidades marino-costeras debido al estrés térmico, con impactos negativos en las actividades socioeconómicas de las poblaciones que dependen de estos recursos. Si bien las OCM se identifican mediante anomalías en la TSM, es evidente que este calentamiento se propaga en la columna de agua. A pesar de que se han analizado las OCM en el mar Caribe, las características de su propagación vertical y el impacto diferencial del calor extremo en función de la profundidad oceánica aún se desconocen en esta cuenca. En este estudio, analizamos perfiles de temperatura de un modelo global de reanálisis oceánico de alta resolución (GLORYS12V1 del Servicio Marino del Copernicus) el cual fue validado, para luego identificar y cuantificar espacialmente la ocurrencia de estas OCM en los últimos 32 años (1993 a 2025). En el mar Caribe se observaron diferencias espaciales en la cantidad de OCM, con áreas en donde ocurrieron menos de 50 eventos en total (en el oriente y centro de la cuenca) y más de 80 eventos ocurridos a lo largo de algunas estaciones costeras. El mayor número de eventos (>100) identificados ocurrió en la costa colombiana. Su duración promedio también presenta diferencias espaciales, con los eventos más prolongados (>30 días) en el centro y oriente del mar Caribe. A lo largo de las costas de Centro y Suramérica, la duración promedio suele estar entre 11 y 20 días por evento. Se observó una relación exponencial decreciente (r = 0,96) entre estas dos métricas, lo que indica que la duración promedio ha disminuido, pero el número de eventos ha aumentado. Posteriormente, se analizó la propagación de estas ondas de calor en la columna de agua y se identificaron tres tipos de estructuras verticales: (1) superficiales, donde el calentamiento se limita a la capa superficial y disminuye rápidamente con la profundidad; (2) subsuperficial-invertido, que presenta un calentamiento en la superficie y enfriamiento anómalo por debajo; y (3) subsuperficial- intensificado, que exhibe anomalías de calentamiento máximas en las capas subsuperficiales, observándose inversiones térmicas a profundidades alrededor de los 100 m. Para cada tipo de estructura vertical encontrada, se evaluaron sus zonas de influencia, su variabilidad

estacional, interanual y las tendencias de largo plazo. Comprender la extensión espacial y la estructura vertical de las OCM es fundamental para identificar impactos ecológicos, sociales y económicos, así como para la gestión y restauración de ecosistemas marinos vulnerables afectados por este calentamiento oceánico.

Palabras clave: anomalías extremas de temperatura del mar, Caribe colombiano, variabilidad interanual, ciclo anual, tendencias de largo plazo.
Keywords: extreme sea temperature anomalies, Colombian Caribbean basin, interannual variability, annual cycle, long-term trends.

Evaluación de la variabilidad del aerosol marino bajo los patrones climáticos del Caribe Colombiano / Evaluation of marine aerosol variability under the climate patterns of the Colombian Caribbean.

Autores: Luis M. Hernández Beleño[1]*, Eliana Lizeth Vergara-Vásquez[2],[3], Andrés M. Vélez-Pereira[4]

[1] Programa de Maestría en Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.

[2] Grupo de Investigación en Modelación de Sistemas Ambientales – GIMSA, Facultad de Ingeniería, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.

[3] Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Facultad de Ingeniería, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.

[4] Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Tarapacá, Arica, Chile.

Resumen:

El aerosol marino (AM) constituye una de las principales fuentes naturales de partículas atmosféricas en zonas costeras y desempeña un papel determinante en procesos climáticos, fotoquímicos y ambientales. Sin embargo, en el Caribe colombiano su magnitud y variabilidad espacio-temporal siguen siendo poco comprendidas, pese a tratarse de una región donde la dinámica atmosférica está estrechamente vinculada con las condiciones oceánicas del mar Caribe. En este contexto, el objetivo del presente trabajo es evaluar la variabilidad del aerosol marino bajo múltiples escenarios climáticos en el departamento del Magdalena, Colombia. Para ello, se implementa un sistema de modelación atmosférica basado en el Weather Research and Forecasting with Chemistry (WRF-Chem) y el System for Integrated modeLling of Atmospheric coMposition (SILAM), integrando información meteorológica y oceanográfica para simular la emisión, transformación, transporte y distribución del AM. El dominio de simulación abarca el Caribe colombiano entre 82° O y 65,5° O, y 4,9° N y 17° N, con una resolución espacial de 15 km. Los campos meteorológicos generados por WRF-Chem alimentan a SILAM, y ambos modelos producen campos de sal marina mediante esquemas de emisión distintos: WRF-Chem incorpora el esquema Goddard Chemistry Aerosol Radiation and Transport (GOCART) con la parametrización de Gong (2003), el SILAM implementa una combinación de Mårtensson et al. (2003) y Monahan et al. (1986). Los periodos de simulación corresponden a eventos de El Niño-Oscilación del Sur y La Niña reportados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) desde 2015 hasta la actualidad. La validación del AM se realiza mediante el contraste de los campos simulados con productos satelitales de espesor óptico de aerosoles, mientras que la comparación con variables climáticas y oceanográficas derivadas de reanálisis, como nubosidad, radiación,

temperatura superficial del mar y velocidad del viento, permite caracterizar los escenarios climáticos reportados por el IDEAM y analizar la influencia de estos forzantes sobre la tasa de emisión, el transporte y los focos de intrusión del AM. Asimismo, este enfoque permite examinar sus potenciales efectos directos e indirectos sobre el clima, particularmente a través de las interacciones aerosol-nube y del balance radiativo. Actualmente, la investigación se encuentra en etapa de simulación y cuenta con resultados preliminares que evidencian una respuesta espacial y temporal diferenciada del AM frente a condiciones climáticas contrastantes, con patrones de intrusión y distribución coherentes con la variabilidad de los principales forzantes océano-atmósfera. Estos hallazgos iniciales confirman el potencial del enfoque de modelación implementado para avanzar en la comprensión de la dinámica del AM y de sus interacciones con el sistema climático regional. Al ser el primer estudio en la región con este enfoque y alcance, esta investigación fortalece la generación de información científica para el Caribe colombiano y, en coherencia con el Plan de Desarrollo Departamental del Magdalena 2024-2027 y el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Territorial del Departamento del Magdalena 2040, aporta insumos técnicos para la gestión ambiental, la planificación climática, el monitoreo atmosférico, la gestión del riesgo y la toma de decisiones basadas en ciencia, tecnología e innovación en territorios costeros.

Palabras clave: aerosol marino; modelación ambiental; cambio climático; interacción océano-atmósfera
Keywords: marine aerosol; environmental modeling; climate change, ocean-atmopshere interaction.

Evaluación geoquímica de los sedimentos estuarinos del Golfo de Urabá (sur del Caribe) en el último milenio

Autores: Kelis Romañaa*, Pedro Pablo Vallejo-Torob, Alex Rúac, Heazel Grajalesd

[a] GAIA, Instituto de Ciencias del Mar, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia-UdeA. Turbo (Urabá), Colombia.

[b] GAIA, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia-UdeA. Turbo (Urabá), Colombia.

[c] CBATA, Departamento de Ciencias Básicas y Áreas Comunes, Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria-TdeA. Medellín, Colombia.

[d] GISMAC, Corporación Académica Ambiental, Universidad de Antioquia-UdeA. Medellín, Colombia. \Autor que hará la presentación oral.

Resumen:

Los sedimentos estuarinos son importantes depósitos de cargas químicas procedentes principalmente del continente. Estos pueden registrar cambios de actividades antrópicas regionales, así como procesos naturales. Desde hace más de una década que se viene estudiando de manera consecutiva la geoquímica de los sedimentos del Golfo de Urabá a partir de elementos químicos. Trabajos publicados por Rúa et al. (2014, 2016, 2026), Vallejo-Toro et al. (2016, 2025), Vélez Agudelo & Aguirre Ramírez (2016) y Betancurth (2020, 2021, 2026) y Romaña et al. (2024) dan cuenta de ello. Entre 2024 y 2026, desde el Instituto de Ciencias del Mar de la Universidad de Antioquia, realizamos dos estudios geoquímicos utilizando metales y no metales, respectivamente, para proporcionado una mejor comprensión de la variabilidad climática y de contaminación del Golfo. Estos dos estudios buscaron relacionar el comportamiento espacio-temporal del contenido sedimentario de silicio (Si), titanio (Ti), aluminio (Al), hierro (Fe), manganeso (Mn), magnesio (Mg), arsénico (As), cobalto (Co), cromo (Cr), níquel (Ni), plomo (Pb), vanadio (V), mercurio (Hg) y fósforo (P) con los cambios en patrones de precipitación, uso del suelo en cuencas tributarias, la intemperización química, la erosión, la oxigenación, el potencial redox y la dinámica oceanográfica del Golfo de Urabá durante los últimos 1000 años del Holoceno tardío. Lo anterior mediante el análisis geoquímico de tres perfiles sedimentarios entre 2.0 y 2.7 m de largo y 6,35 cm de diámetro interno recuperados en el Golfo de Urabá. La edad de los perfiles se extendió ca. 1.000 años calendario, según resultados de 14C. Los sedimentos estuvieron principalmente compuestos por limos y arcillas con pocas facies arenosas intercaladas. El rango del contenido de metales y no metales fue Si 45,12– 0,48%; Ti 0,73– ,78%; Al 16,40–17,11%; Fe 9,72–10,17%; Mn 0,20–0,30%; Mg 3,81–4,02%; P 0.28–10.59 mg/g, As 15,00– 23,00 mg/kg; Co 20,00–24,00 mg/kg; Cr 142,00–154,00 mg/kg; Ni 54,00–64,00 mg/kg; Pb 7,00–13,00 mg/kg; V 229,00–

252,00 mg/kg; Hg 70,15–113,55 µg/kg y P 0,28–10,59 mg/g. El Factor de enriquecimiento y el Índice de geo-acumulación, usando al Si como elemento normalizador, reveló un enriquecimiento moderado de metales en el prodelta del Golfo (exceptuando al Pb). El Si, Ti, Al, Mn, Mg, Co, Ni y Hg presentaron correlación significativa con la granulometría y el contenido de materia orgánica, expresado como pérdidas por ignición. La correlación entre Al y Fe fue alta y significativa. La evolución temporal del contenido de metales sugiere una disminución en la tasa centenal de precipitación el presente. El fósforo total (PT) estuvo compuesto principalmente por la fracción orgánica proporciones entre 14,40–99,7 % del PT*. Los mayores niveles de Psedimentario se encontraron al Frente del Río León seguidos por el Prodelta y el Frente deltaico. Aquí se provee la primera reconstrucción de alta resolución de las fracciones de P para el Golfo de Urabá, cuya acumulación a largo plazo está dominada por el transporte físico y modulada por la variabilidad climática y el cambio de uso del suelo.

Palabras clave: * metales, fósforo, perfiles sedimentarios, Holoceno tardío, Golfo de Urabá
Keywords: metals, phosphorus, sediment cores, Late Holocene, Gulf of Urabá.

Gestión del riesgo costero mediante pronóstico operativo de inundación por marejada de tormenta en San Andrés y Providencia / Coastal risk management through operational storm-surge flood forecasting in San Andrés and Providencia

Autores: Jorge Leonardo Valencia Medina[1], Wilmer Rey[1], Claudia Urbano- Latorre[1]*

1 Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe - Dirección General Marítima, Cartagena, Colombia.

Resumen:

La gestión efectiva del riesgo costero durante ciclones tropicales exige sistemas de pronóstico capaces de representar, en tiempos operativos, los posibles escenarios de inundación por marejada de tormenta. Dado el limitado número de sistemas operativos de este tipo en la región, esta implementación representa un aporte innovador al pronóstico de inundaciones costeras por marejada de tormenta. En este contexto, el presente trabajo describe el desarrollo e implementación de un sistema de pronóstico de inundación basado en escenarios precomputados, orientado a la emisión de alertas tempranas en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. El sistema se fundamenta en una base de datos de aproximadamente 2.500 escenarios sintéticos de marejada de tormenta previamente simulados, los cuales establecen relaciones entre parámetros representativos del ciclón (trayectoria, intensidad, tamaño y velocidad de traslación) y sus correspondientes mapas de inundación costera. Este enfoque complementa la ejecución de modelos hidrodinámicos numéricos en tiempo real, que suelen ser computacionalmente más costosos, teniendo en cuenta los tiempos requeridos para la toma de decisiones operativas durante la emergencia. Adicionalmente, al basarse en escenarios precomputados que abarcan un amplio rango de intensidades y configuraciones del ciclón, el sistema resulta particularmente adecuado para apoyar la toma de decisiones durante eventos de rápida intensificación, los cuales representan un desafío reconocido para los modelos numéricos de pronóstico en tiempo real. A partir de esta base, se diseñó un aplicativo web automatizado que opera de forma continua, consultando periódicamente los boletines oficiales del Centro Nacional de Huracanes (NHC). Cuando un ciclón cumple criterios predefinidos de seguimiento, el sistema ejecuta de manera autónoma un proceso de filtrado geográfico, geométrico y paramétrico para identificar los escenarios históricos sintéticos con mayor similitud al evento en curso. Como salida operativa, la herramienta genera en un tiempo reducido tanto un pronóstico determinista, correspondiente al escenario más análogo, como un pronóstico probabilista tipo MEOW (Maximum Envelope of Waters), que integra el envolvente máximo de inundación de un conjunto de escenarios plausibles. Los resultados se exportan en formatos operativos (mapas PNG, capas vectoriales y puntos de inundación costera), facilitando su incorporación inmediata en comunicados oficiales y productos de apoyo a la toma de decisiones. En conjunto, el sistema demuestra que la analogía automática

entre eventos reales y escenarios de marejada de tormenta precomputados constituye una estrategia eficaz para reducir los tiempos de respuesta institucionales y fortalecer la capacidad de anticipación ante inundaciones costeras. Este enfoque contribuye significativamente a la gestión integral del riesgo, al apoyar la activación temprana de protocolos de emergencia y la protección de la vida humana y la infraestructura costera, en alineación con los principios de adaptación climática y gobernanza del riesgo.

Palabras clave: Marejada de tormenta, Automatización, San Andrés, Escenarios precomputados, Gestión del riesgo
Keywords: Storm surge, Automation, San Andres, Precomputed scenarios, Risk management.

Acoplamiento de geoclaw y sfincs para la predicción rápida de inundaciones por tsunamis en la costa del Pacífico Colombiano. / Coupling geoclaw and sfincs for rapid far-field tsunami inundation forecasting on the Colombian Pacific Coast

Autores: [1] Ronald Sánchez Escobar[1]*, María P Aranzales[1], Juan Ferrer[2] y Erick R. Velasco Reyes[3]

[1]Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico, Dirección General Marítima.
[2]Grupo de Géosciences, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andreis.
[3]Oregon State University,| College of Engineering, School of Civil Construction Engineering. and (*Ronald Sánchez Escobar hará la presentación oral)

Resumen:

La costa Pacífica colombiana (CPC) es altamente vulnerable a tsunamis, como evidencian los eventos de 1906 (Mw 8.5) y 1979 (Mw 8.3). Aunque el Sistema de Pronóstico, Evaluación y Generación de Alertas de Tsunami (EVIDA) aborda escenarios de campo cercano, la evaluación de eventos lejanos y regionales que permita a las autoridades del Sistema Nacional de Detección y Alerta de Tsunami (SNDAT) activar protocolos de respuesta según el nivel de amenaza sigue siendo una necesidad operativa crítica. Aquí presentamos un esquema de acoplamiento entre GeoClaw y SFINCS que resuelve la propagación transoceánica y la inundación costera en un flujo de trabajo unificado, modulo que permitir fortalecer el Sistema EVIDA. GeoClaw propaga la onda en aguas profundas mediante refinamiento adaptativo de malla hasta una resolución de 388,5 m en la plataforma continental, mientras que SFINCS resuelve la hidrodinámica en aguas someras y la inundación en 11 poblaciones del litoral a una resolución máxima de 6 m empleando el método de subgrid, con un tiempo de cómputo de aproximadamente un (1) minuto por población. Como caso de validación se simuló el tsunami de Kamchatka del 29 de junio de 2025 (Mw 8.8). Las comparaciones con registros en boyas DART y en el mareógrafo de Tumaco muestran que el modelo reproduce de forma consistente la fase, la secuencia temporal de las oscilaciones y las amplitudes relativas del ciclo dominante durante las primeras 3–4 horas tras el arribo de la onda. En Tumaco, la distribución espacial de alturas máximas exhibe una marcada heterogeneidad, con las mayores amplitudes concentradas en zonas intermareales y plataformas someras donde la reducción de profundidad y la refracción favorecen la amplificación del flujo. Los resultados demuestran que el acoplamiento GeoClaw–SFINCS puede completar simulaciones bidimensionales de inundación para las 11 poblaciones en menos de hora y media, un margen temporal significativamente inferior al tiempo de tránsito transoceánico disponible para eventos lejanos que superan las 18 horas como el evento de Kamchatka, lo que posiciona esta herramienta como operativamente viable para la generación de alertas y la evaluación rápida de múltiples escenarios deterministas y probabilistas asociados a 25 zonas de subducción del Océano Pacífico.

Palabras clave: Acoplamiento, Tsunami campo lejano, Modelación Numérica, Pronóstico Tsunami, GeoCla-SFINCS
Keywords: Coupling, Far-Field Numerical Modeling, Tsunami Forecasting, GeoClaw-SFINCS

Mediciones oceanográficas y sedimentológicas in situ del Pacífico Colombiano: adquisición, procesamiento y divulgación de datos / In situ oceanographic and sedimentological measurements in the Colombian Pacific: data acquisition, processing and dissemination

Autores: Diana Natali Pantoja López[1]*, Jhon Wilmer David Santero[1], Diomer Eliécer Tobón Monsalve[1], Nery Sirley Barrientos Porras[1], Juan Carlos Guevara Aguirre[1], Keiner José Ruiz Murillo[1], Edgar Daniel Cantero Ricardo[1], Wilmar Andrés Mosquera Ardila[1].

[1]Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico, Dirección General Marítima.

Resumen:

Los estuarios y bahías del Pacífico colombiano son sistemas altamente dinámicos donde la marea, el aporte continental y la transformación del oleaje controlan la circulación y los procesos de transporte y deposición de sedimentos, con implicaciones para la seguridad marítima, la operación portuaria y la gestión integral del litoral. En el marco del proyecto "Estudio de la sedimentación de las principales bahías del Pacífico colombiano como aporte a la seguridad integral marítima" se tuvo como objetivo adquirir, procesar y divulgar datos *in situ*para apoyar la caracterización de la dinámica hidrodinámica y sedimentaria en las bahías de Tumaco y Buenaventura, asegurando su disponibilidad pública mediante el Centro Colombiano de Datos Oceanográficos (CECOLDO). Se desarrollaron campañas oceanográficas durante las épocas húmedas y semihúmedas de 2024 y 2025, con muestreo distribuido espacialmente en las bahías de Tumaco y Buenaventura. La adquisición de datos se llevó a cabo mediante instrumentación desplegada desde plataformas de investigación de la Dirección General Marítima (DIMAR), registrando información de temperatura y salinidad de la columna de agua con un perfilador CTD; de igual forma, se obtuvieron corrientes y se estimó el oleaje con un perfilador acústico Doppler de corrientes ADCP AWAC AST; en simultáneo, el nivel del mar se registró con mareógrafos; y los sedimentos en suspensión, en términos de concentración y distribución granulométrica, se caracterizaron mediante perfiles con un sensor óptico LISST-200X. El procesamiento se ejecutó en dos etapas: la primera asociada al preprocesamiento con el software de los instrumentos y la segunda orientada a integrar, depurar y estandarizar la información mediante rutinas en Python y MATLAB. Adicionalmente, se aplicó control de calidad a los datos siguiendo las prácticas adoptadas por CECOLDO, entre las que destacan normalización y asignación de banderas de calidad (QC), integración de metadatos y organización en formatos estándar e interoperables. La divulgación en CECOLDO se materializa en paquetes de datos que integran metadatos y datos (a partir de controles de calidad primarios y secundarios), para su consulta y reutilización por entidades técnicas, académicas y el sector marítimo. La estrategia integrada de adquisición, procesamiento y divulgación de información oceanográfica constituye un insumo indispensable para futuras investigaciones, el público en

general y los tomadores de decisiones; contribuyendo a la seguridad integral marítima mediante acceso abierto a información estandarizada, trazable y de calidad.

Palabras clave: Datos in situ, procesamiento, control de calidad, metadatos, CECOLDO. In situ data, processing, quality control, metadata, CECOLDO.

Importancia de la hidrografía antártica para Colombia: resultados batimétricos y valor estratégico para Dimar.

Autores: Juan David Santana[2], Diana Quintana-Saavedra[1*]

[1] Grupo de Investigación Científica Marítima, Subdirección de Desarrollo Marítimo. Dirección General Marítima.

[2] Centro de Investigaciones Hidrográficas y Oceanográficas del Caribe. Dirección General Marítima. * Diana Quintana-Saavedra hará la presentación.

Resumen:

Desde 2014, Colombia ha consolidado una contribución sostenida a la investigación científica en la Antártica mediante el fortalecimiento progresivo de sus capacidades hidrográficas, lideradas por la Dirección General Marítima (DIMAR) en el marco del proyecto ICEMAN. Este esfuerzo ha estado soportado en plataformas de investigación equipadas con sistemas multihaz para aguas intermedias y profundas, sistemas inerciales y de posicionamiento satelital de alta precisión, perfiladores de velocidad del sonido y herramientas para la caracterización del subsuelo marino, lo que ha permitido la adquisición y procesamiento de información hidrográfica de alta resolución bajo estándares internacionales de la Organización Hidrográfica Internacional. A lo largo de la última década, estos desarrollos han hecho posible que Colombia aporte datos batimétricos y geomorfológicos relevantes para mejorar el conocimiento del relieve submarino del entorno de la Península Antártica y apoyar la actualización de la cartografía náutica internacional, en articulación y cooperación técnica con servicios hidrográficos de países como Chile, Reino Unido, Perú y Ecuador. Este aporte no se limita al ámbito cartográfico, sino que constituye una base transversal para otras áreas de investigación, al suministrar información fundamental para estudios de oceanografía física, geología marina, geomorfología submarina, dinámica sedimentaria y análisis de procesos asociados a la evolución del margen antártico. En este contexto, la hidrografía colombiana ha pasado de una fase de consolidación de capacidades a una etapa de contribución técnica efectiva al intercambio internacional de datos, al fortalecimiento de la seguridad de la navegación y al desarrollo de investigaciones interdisciplinarias en una de las regiones más estratégicas y sensibles del planeta. De esta manera, la experiencia acumulada por Colombia desde 2014 evidencia una participación científica creciente, técnicamente sólida y estratégicamente relevante en la Antártica, posicionando a la hidrografía como uno de los componentes más integradores del aporte nacional al conocimiento y a la cooperación internacional en la región

Palabras clave: Hidrografía antártica, batimetría de alta resolución, cartografía náutica internacional, cooperación científica internacional, seguridad de la navegación

Keywords: Antarctic hydrography, high-resolution bathymetry, international nautical charting, scientific international cooperation, navigation safety.

Influencia de la geometría deltaica en la estratificación, circulación residual y tiempos de residencia en el estuario del Golfo de Urabá / Influence of deltaic geometry on stratification, residual circulation, and residence times in the gulf of Urabá estuary

Autores: Camilo Andrés Quintero*, Yuley Cardona Orozco. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Minas, Grupo de investigación OCEÁNICOS

Resumen:

El Golfo de Urabá es un estuario tropical cuya hidrodinámica está controlada por la interacción entre la descarga fluvial, la forzante mareal y la configuración geomorfológica, factores que regulan procesos de transporte, circulación y estratificación. Comprender cómo cambios en la morfología deltaica de descarga lateral en el estuario afectan estos procesos es fundamental para evaluar la ventilación, la retención de contaminantes y nutrientes, y la respuesta del sistema ante modificaciones naturales o antrópicas. En particular, los tiempos de residencia constituyen un indicador clave del grado de renovación de las aguas y de la eficiencia del intercambio estuarino. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la influencia del grado de estrechamiento del delta del río Atrato sobre la estructura vertical, la circulación residual y los tiempos de residencia en el Golfo de Urabá, mediante un enfoque de casos idealizados que representan diferentes configuraciones geomorfológicas. Para ello, se analizaron simulaciones hidrodinámicas de alta resolución espacial y temporal sobre una configuración idealizada del estuario. El análisis combinó escalas intramareal y submareal mediante ventanas de marea alta y baja, así como promedios de ~6 horas para diferenciar fases de llenante y vaciante; además, se emplearon transectos longitudinales y transversales desde la desembocadura hasta la boca del golfo, perfiles verticales de salinidad y densidad, gradientes de densidad y promedios de velocidad residual. Complementariamente, se realizaron experimentos lagrangianos mediante liberación de partículas en la desembocadura del río Atrato y en Bahía Colombia para estimar trayectorias y tiempos de residencia. Los resultados muestran que el estrechamiento del delta intensifica la estratificación, favoreciendo haloclinas más someras y mayor acumulación de agua dulce en superficie, mientras la intrusión de agua dulce deja de estar confinada a la capa superficial y se extiende y profundiza dentro de la columna de agua. Este fortalecimiento del gradiente de densidad está asociado con la formación de una circulación residual de tres capas bien definida (salida superficial, entrada intermedia y salida profunda), cuya persistencia y organización aumentan con el grado de constricción. Adicionalmente, el estrechamiento actúa como acelerador del flujo, incrementando la magnitud y extensión del flujo de salida del estuario. Durante marea viva, se observa una intensificación y reorganización de la circulación, con consolidación de la estructura de tres capas en todos los escenarios y un desplazamiento del flujo de salida hacia capas más someras (~10 m), en contraste con su distribución más profunda (~20 m) en mareas muertas. En términos de

transporte, los experimentos lagrangianos evidencian que la geometría del delta ejerce un control determinante sobre los tiempos de residencia, mostrando un comportamiento dual: mientras el estrechamiento puede favorecer una evacuación rápida de masas de agua, también genera zonas de recirculación que incrementan la retención, dependiendo de la posición y profundidad inicial. En síntesis, estos resultados demuestran que la morfología deltaica es un factor clave que modula la hidrodinámica del sistema, al controlar la estratificación, la estructura vertical de la circulación y los procesos de transporte tanto vertical como horizontal dentro del estuario.

Palabras clave: Golfo de Urabá, Estratificación, Circulación residual, Morfología deltaica, Tiempos de residencia.
Keywords: Gulf of Urabá, Stratification, Residual circulation, Deltaic morphology, Residence times.

Infraestructura hidrográfica de referencia vertical: avance en la estandarización de datum de marea en puertos colombianos / Hydrographic vertical reference infrastructure: progress in tidal datum standardization at colombian ports

Autores: *MSc. Vásquez-López, Laura Marcela[1]; TF Castro Bobadilla, Gabriela [1]; S[2] Caceres-Sanabria, Juan Camilo [1]; Ma[1] Márquez-Pizo, Andres Felipe [1]; Ing. Padilla-Agredo, David Humberto [1]; Ing. Villafañe-Romero, Jean Janer [1].

[1] Centro de Investigaciones Oceanográficas del Pacífico (CCCP), Dirección General Marítima, Colombia.

Resumen:

Los estándares de la Organización Hidrográfica Internacional (IOH), en particular la S-44 y S-104 (International Hydrographic Organization, 2021; International Hydrographic Organization, 2023), establecen requisitos sobre los sistemas de referencia vertical que deben soportar levantamientos hidrográficos, cartografía náutica y productos derivados del marco S-100. Sin embargo, hasta 2016 Colombia carecía de datum de marea debidamente cuantificados y estandarizados para sus aguas jurisdiccionales, representando una brecha crítica para la seguridad marítima y la producción de información hidrográfica confiable. Ante esta necesidad, el Centro de Investigaciones Oceanográfico e Hidrográfico del Pacífico (CCCP) de la Dirección General Marítima (DIMAR) formuló el proyecto de Red Hidrográfica de Referencia Vertical, cuya primera fase contempló cinco zonas piloto: bahía de Cartagena, islas del Rosario, San Andrés, bahía de Buenaventura y bahía Málaga. El objetivo fue establecer, estandarizar y reglamentar una infraestructura de referencia vertical que sirva de soporte a levantamientos hidrográficos, producción de cartografía náutica, navegación marítima y planificación de infraestructura portuaria. La red integra dos componentes. El primero, mareográfico, procesa observaciones de nivel del mar por minuto provenientes de estaciones de la REDMPOMM para determinar los datum internacionales HAT, MHWS, MHHW, MHW, MSL, MLW, MLLW, MLWS y LAT, permitiendo además cuantificar variaciones en rango y fase de marea entre puertos. El segundo, geodésico, se apoya en una infraestructura de vértices materializada con pilastras e incrustaciones para construir modelos matemáticos de separación entre el elipsoide WGS84 y los distintos datum de marea. Hoy la red opera en 11 puertos: Tumaco, Buenaventura, bahía Málaga y Bahía Solano en el Pacífico; y Turbo, golfo de Morrosquillo, Santa Marta, Cartagena, Barranquilla, Puerto Bolívar y San Andrés Islas en el Caribe. Esta iniciativa constituye la primera red de referencia vertical hidrográfica del país, posicionando a DIMAR a la vanguardia de la investigación en nivel del mar en Colombia y alineando al país con los estándares OHI.

Palabras clave: Datum de marea, referencia vertical hidrográfica, normas OHI, nivel del mar, seguridad marítima.

Keywords: Tidal datum, hydrographic vertical reference, IHO standards, sea level, maritime safety. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS International Hydrographic Organization. (2021). Standards for hydrographic surveys (S-44, Ed. 6.1.0). IHO. <https://iho.int/uploads/user/pubs/standards/s-44/S-44_Edition_6.1.0.pdf> International Hydrographic Organization. (2022). Universal hydrographic data model (S-100, Ed. 5.0.0). IHO. <https://iho.int/en/s-100-universal-hydrographic-data-model>

Inteligencia artificial para la predicción de la sobreelevación del nivel del mar asociada al fenómeno el niño en el Pacífico Colombiano / Artificial intelligence for predicting sea-level rise associated with el niño events in the Colombian Pacific

Autores: *MSc. Vásquez-López, Laura Marcela [1]; MSc. Bermúdez-Rivas, Christian [1,]

[1] Centro de Investigaciones Oceanográficas del Pacífico (CCCP), Dirección General Marítima, Colombia.

Resumen:

Los eventos El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) representan uno de los principales controladores de la variabilidad interanual del nivel del mar en el Pacífico oriental, incrementando la exposición de las comunidades costeras a inundaciones y daños en infraestructura, particularmente durante fases cálidas intensas (Merrifield et al., 1999; Wyrtki, 1975). En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo caracterizar y predecir la sobreelevación del nivel de la mar asociada a distintos tipos de eventos El Niño (canónico, Modoki y costero) en tres localidades del litoral Pacífico colombiano: Bahía Solano (Chocó), Buenaventura (Valle del Cauca) y Tumaco (Nariño). Para ello se implementó un modelo de aprendizaje profundo basado en redes neuronales LSTM (Long Short-Term Memory), ampliamente utilizado en predicción de series temporales oceanográficas debido a su capacidad para capturar relaciones no lineales y dependencias de largo plazo (Hochreiter & Schmidhuber, 1997; Shi et al., 2015). El modelo fue entrenado con series multivariadas de temperatura superficial del mar, presión atmosférica, vientos y precipitación, integradas con registros mareográficos históricos proporcionados por DIMAR. Paralelamente, se realizó un análisis de compuestos para cada modalidad de El Niño usando clasificaciones recientes del ENSO (*El Niño/La Niña Costeros - IGP*, s. f.; Navarro-Monterroza et al., 2019), lo que permitió estimar la respuesta extrema del nivel del mar ante cada tipología. La integración de estos resultados con información local de marea y oleaje permitió definir cotas máximas de inundación para cada sitio. Los resultados evidencian que los eventos El Niño Canónico y Costero generan anomalías positivas significativas en el nivel del mar hasta 0,11 m en Tumaco y 0,10 m en Buenaventura, mientras que los episodios Modoki, aunque más persistentes, producen incrementos de menor magnitud, en concordancia con estudios previos para el Pacífico tropical (Navarro-Monterroza et al., 2019). Estas sobreelevaciones, combinadas con condiciones de marea viva y oleaje energético, incrementan sustancialmente el riesgo de inundación costera. La discusión destaca la utilidad de integrar técnicas de inteligencia artificial con información físico-oceanográfica para mejorar la capacidad predictiva y generar escenarios de impacto espacializados que contribuyan a la reducción del riesgo, en línea con los llamados internacionales para fortalecer los sistemas de alerta temprana ante el aumento del nivel del mar y la intensificación de eventos extremos (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021). Se concluye que la metodología propuesta constituye

un avance técnico-metodológico para la gestión del riesgo climático en el Pacífico colombiano y un insumo relevante para la planificación territorial en zonas altamente vulnerables.

Palabras clave: ENSO, nivel del mar, LSTM, inundación costera, Pacífico colombiano. **Keywords:** ENSO, sea level, LSTM, coastal flooding, Colombian Pacific. REFRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS *El Niño/La Niña Costeros—IGP*. (s. f.). Recuperado 20 de marzo de 2026, de http://met.igp.gob.pe/elnino/lista_eventos.html Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long Short-Term Memory. *Neural Computation*, *9*(8), 1735-1780. https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735 Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). *AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023*. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/?utm_source=chatgpt.com Merrifield, M., Kilonsky, B., & Nakahara, S. (1999). Interannual sea level changes in the tropical Pacific associated with ENSO. *Geophysical Research Letters*, *26*(21), 3317-3320. https://doi.org/10.1029/1999GL010485 Navarro-Monterroza, E., Arias, P. A., & Vieira, S. C. (2019). El Niño-Oscilación del Sur, fase Modoki, y sus efectos en la variabilidad espacio-temporal de la precipitación en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, *43*(166), 120-132. https://doi.org/10.18257/raccefyn.704 Shi, X., Chen, Z., Wang, H., Yeung, D.-Y., Wong, W., & Woo, W. (2015). *Convolutional LSTM Network: A Machine Learning Approach for Precipitation Nowcasting* (arXiv:1506.04214). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.1506.04214 Wyrtki, K. (1975). *El Niño—The Dynamic Response of the Equatorial Pacific Oceanto Atmospheric Forcing*. https://journals.ametsoc.org/view/journals/phoc/5/4/1520-0485_1975_005_0572_entdro_2_0_co_2.xml

Análisis de la variabilidad espacio temporal de la energía del oleaje tipo Sea y Swell en el Caribe Colombiano.

Autores: Alejandro Garro[1], Samuel Cano y Rubén Darío Montoya Ramírez[2]

[1] Programa de Ingeniería Civil- Universidad de Medellín, Cra. 22 No 18B-10B, Medellín-Colombia.

[2] Grupo de Investigación en ingeniería Civil GICI, Grupo de investigación en Calidad del agua y Modelación Hídrica GICAMH, Universidad de Medellín, Carrera 87 N° 30 – 65, Medellín, Colombia.

Resumen:

El potencial de la energía marina undimotriz en el Caribe ha sido estudiado por diversos autores. Sin embargo, el enfoque empleado tradicionalmente se basa en los parámetros escalares de altura de ola significante (Hs), periodo y dirección, sin estimar las cantidades de energía generadas a partir de las componentes del oleaje de fondo (Swell) y el oleaje local (Sea) de forma independiente. Estudios más detallados a nivel de diseño de los Wave converters (WEC) muestran claramente la importancia de análisis mas detallados desde el punto de vista de los sistemas de oleaje e inclusive desde el punto de vista espectral completo. El tipo de sistemas de oleaje (Sea o Swell) impone diversas condiciones de diseño, optimización y operación para los convertidores de energía undimotriz. La identificación del régimen de oleaje dominante también es importante desde el punto de vista operativo, ya que en áreas donde se encuentran mar de viento con espectros de frecuencia más amplios, los convertidores deben diseñarse para operar en una banda de periodos amplia, lo que requiere sistemas de control más avanzados. En áreas con una alta contribución de oleaje de viento en la energía total del oleaje, se esperan cargas de oleaje más extremas que afectan la operación y los costos asociados. En el presente estudio a partir de datos para el periodo (1959-2024) del proyecto ERA-5 del European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECWMF) para oleajes tipo Sea y Swell se realiza un análisis de la variabilidad y su distribución espacial de la energía undimotriz para cada componente. Los resultados evidencian que el oleaje tipo Swell presenta una distribución relativamente homogénea, con un gradiente energético claramente definido desde el oeste hacia el este del Caribe. Las mayores concentraciones energéticas se localizan hacia el este y noreste de las Antillas Menores y Mayores, influenciadas de fuentes remotas del Atlántico con valores de energía tipo Swell entre 6 y 8 kW/m. Hacia el suroeste del Caribe, en la zona próxima a Panamá, Costa Rica y el sur de Colombia, la energía asociada al Swell presenta las mayores concentraciones de energía (6 kW/m) cuando se compara con el resto del Caribe para todos los trimestres del año, indicando el potencial de aprovechamiento para dicha región. Por su parte, el oleaje tipo Sea muestra una estructura espacial más localizada, se identifican núcleos energéticos bien definidos en la zona central del Caribe, particularmente frente a la costa norte de Colombia, donde la intensificación de los vientos alisios favorece

la generación de oleaje local más energético con valores cercanos a los 8 kW/m. Esta región actúa como un centro de generación de energía local, desde la cual se establecen gradientes de energía hacia las zonas adyacentes. Hacia el oeste, específicamente hacia las costas de Panamá y Centroamérica, se observa una reducción progresiva de la energía tipo sea, asociada a una menor generación local y a procesos de disipación, pero un aumento de la energía tipo Swell. El análisis estacional muestra que durante el trimestre JJA se presenta una expansión de las zonas de mayor energía para el oleaje tipo Sea en la región central del Caribe, indicando condiciones de mayor intensidad del forzamiento atmosférico. En contraste, durante SON se observa una disminución generalizada de la energía tanto para él oleaje tipo Sea como para el oleaje tipo Swell, con una distribución más uniforme en la cuenca. Durante DEF y MAM, el Swell mantiene una señal energética persistente en el este del Caribe, mientras que el oleaje tipo Sea presenta una menor extensión espacial de sus núcleos energéticos. En zonas costeras, particularmente a lo largo de la costa colombiana y en el margen sur del Caribe, se evidencian fuertes gradientes de energía asociados a la interacción con la plataforma continental, lo que genera una disipación significativa del oleaje y su energía al aproximarse a la costa. Este comportamiento es más evidente para la energía tipo Sea, mientras que la energía tipo Swell conserva una mayor coherencia espacial en mar abierto. En conjunto, los resultados muestran que la distribución energética del oleaje en el Caribe está controlada por la interacción entre fuentes remotas, dominantes en el oleaje tipo Swell y con mayor influencia hacia el este, y procesos locales de generación, característicos del oleaje tipo Sea y concentrados en la región central. Este enfoque energético permite identificar con mayor claridad las zonas mas adecuadas para la explotación a futuro del recurso energético undimotriz en el caribe.

Palabras clave: Energía del oleaje, Mar Caribe, Oleaje tipo Sea, Oleaje tipo Swell,

Modelado hidrodinámico de la laguna arrecifal de la isla de San Andrés, Reserva de Biosfera Seaflower / Hydrodynamic modeling of the reef lagoon of San Andrés Island, Seaflower Biosphere Reserve

Autores: Daniel Felipe Bernal-Glen[1*], José Ernesto Mancera-Pineda[2]

[1] Universidad Nacional de Colombia, Sede Caribe

[2] Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá *Expositor.

Resumen:

El sistema de carbonatos en lagunas arrecifales se caracteriza por una alta variabilidad que supera ampliamente a la observada en el océano abierto (Dişa et al., 2022). Entre los factores forzantes de esta variabilidad se encuentran el metabolismo bentónico, las fluctuaciones en el tiempo de residencia del agua, la escorrentía superficial, la descarga de aguas subterráneas y los impactos antropogénicos, principalmente la eutrofización por aguas residuales (Cai et al., 2011; Prouty et al., 2018). Con el objetivo de determinar la influencia de diferentes factores forzantes sobre el sistema de carbonatos en la laguna arrecifal de San Andrés Isla, se utilizó un abordaje matemático mediante el modelo oceánico CROCO (Auclair et al., 2025) acoplado a PISCES (Aumont et al., 2015). En esta primera etapa se reportan los resultados del modelo hidrodinámico. Se estableció una grilla de 11.6 × 17.6 km con resolución de ~200 m y 20 niveles verticales en coordenadas sigma, cubriendo la isla y su área circundante. La batimetría (h) fue reconstruida combinando datos de Copernicus Sentinel-2 (Drusch et al., 2012) con cartas náuticas del CIOH (Rey et al., 2021) y suavizada según el criterio de Beckmann & Haidvogel (1993). Se estableció hmin ≥ 2 m y las áreas con h ≤ 1 m fueron enmascaradas como tierra. Las condiciones de frontera fueron derivadas de Mercator GLORYS[12] (Jean-Michel et al., 2021) y el forzamiento atmosférico de ERA[5] (Copernicus, 2026). Los tiempos de residencia del agua (T) fueron calculados sobre un subdominio de la laguna arrecifal, mediante el método de vaciado $T = \bar{V} / Qexc$ (Monsen et al., 2002), donde Qexc es el caudal de intercambio bruto bidireccional sobre las caras del subdominio utilizando valores promedio entre 5 min y 48 h. El volumen instantáneo de la laguna ($\bar{V}$) se integró con la transformada de Shchepetkin & McWilliams (2005). Se realizaron tres simulaciones en periodos climáticos contrastantes (febrero, junio y octubre de 2022). Los resultados revelaron variabilidad estacional (febrero: T = 0.9 días, Qexc ≈ 241 m^3 s^{-1}; junio: T = 2.1 días, Qexc ≈ 100 m^3 s^{-1}; octubre: T = 1.8 días, Qexc ≈ 118 m^3 s^{-1}). En febrero, la circulación estuvo dominada por el forzamiento de baja frecuencia del viento, mientras que en junio la energía baroclínica de alta frecuencia tuvo una mayor contribución. Los acoplamientos preliminares con PISCES sugirieron que T es comparable con el tiempo de duplicación del fitoplancton durante junio (1–3 días; Laws, 2013), generando picos de fitoplancton en sitios puntuales de la laguna (PHY promedio: 0.33 mmol N m-3) mientras que, en

febrero, el bajo T ancla la laguna a las condiciones oceánicas de contorno, minimizando la acumulación de señales biogeoquímicas locales. Debido a las características del modelado – simplificación de la batimetría y los intercambios laguna-océano – los valores absolutos deben ser interpretados con precaución. Sin embargo, los resultados sugieren un comportamiento variable de la laguna bajo diferentes regímenes de tiempo, que podría amplificar el efecto de los forzantes locales y antropogénicos cuando sean incluidos.

Palabras clave: Seaflower, laguna arrecifal, tiempo de residencia, CROCO, modelación
Keywords: Seaflower, reef lagoon, residence time, CROCO, modeling. Referencias Auclair, F., Benshila, R., Bordois, L., Boutet, M., Brémond, M., Caillaud, M., Cambon, G., Capet, X., Debreu, L., Ducousso, N., Dufois, F., Dumas, F., Ethé, C., Gula, J., Hourdin, C., Illig, S., Jullien, S., Le Corre, M., Le Gac, S., … Zribi, A. (2025). Coastal and Regional Ocean COmmunity model (V2.1.2). Aumont, O., Ethé, C., Tagliabue, A., Bopp, L., & Gehlen, M. (2015). PISCES-v2: An ocean biogeochemical model for carbon and ecosystem studies. Geoscientific Model Development, 8(8), 2465–2513. https://doi.org/10.5194/gmd-8-2465-2015 Beckmann, A., & Haidvogel, D. B. (1993). Numerical Simulation of Flow around a Tall Isolated Seamount. Part I: Problem Formulation and Model Accuracy. Journal of Physical Oceanography, https://doi.org/10.1175/1520- 1736–1753. 0485(1993)023%3C1736:NSOFAA%3E2.0.CO;2 8(23), Cai, W. J., Hu, X., Huang, W. J., Murrell, M. C., Lehrter, J. C., Lohrenz, S. E., Chou, W. C., Zhai, W., Hollibaugh, J. T., Wang, Y., Zhao, P., Guo, X., Gundersen, K., Dai, M., & Gong, G. C. (2011). Acidification of subsurface coastal waters enhanced by eutrophication. Nature Geoscience, 4(11), 766–770. https://doi.org/10.1038/ngeo1297 Copernicus Climate Change Service (C3S). (2026). ERA5: Quinta Generación de Reanálisis Atmosféricos Del Clima Global Del ECMWF. Almacén de Datos Climáticos (CDS) Del Servicio Copernicus. https://cds.climate.copernicus.eu/datasets/reanalysis-era5-single-levels?tab=overview Climático Cambio de de Dişa, D., Münnich, M., Vogt, M., & Gruber, N. (2022). A space-time mosaic of seawater carbonate chemistry conditions in the north-shore Moorea coral reef system. Frontiers in Marine Science, 9. https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1004107 Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., Hoersch, B., Isola, C., Laberinti, P., Martimort, P., Meygret, A., Spoto, F., Sy, O., Marchese, F., & Bargellini, P. (2012). Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services. Remote Sensing of Environment, 120, 25–36. https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.11.026 Jean-Michel, L., Eric, G., Romain, B. B., Gilles, G., Angélique, M., Marie, D., Clément, B., Mathieu, H., Olivier, L. G., Charly, R., Tony, C., Charles-Emmanuel, T., Florent, G., Giovanni, R., Mounir, B., Yann, D., & Pierre-Yves, L. T. (2021). The Copernicus Global 1/12° Oceanic and Sea in Earth Science, 9. https://doi.org/10.3389/feart.2021.698876 Ice GLORYS12 Reanalysis. Frontiers Laws, E. A. (2013). Evaluation of in situ phytoplankton growth rates: A synthesis of data from 247–268. of Marine approaches. Science, Annual Review 5, varied https://doi.org/10.1146/annurev-marine-121211-172258 Monsen, N. E., Cloern, J. E., Lucas, L. V., & Monismith, S. G. (2002). A comment on the use of flushing time, residence time, and age as transport time scales. Limnology and Oceanography, 47(5), 1545–1553. https://doi.org/10.4319/lo.2002.47.5.1545 Prouty, N. G., Yates, K. K., Smiley, N., Gallagher, C.,

Cheriton, O., & Storlazzi, C. D. (2018). Carbonate system parameters of an algal-dominated reef along West Maui. Biogeosciences, 15(8), 2467–2480. https://doi.org/10.5194/bg-15-2467-2018 Rey, W., Ruiz-Salcines, P., Salles, P., Urbano-Latorre, C. P., Escobar-Olaya, G., Osorio, A. F., Ramírez, J. P., Cabarcas-Mier, A., Jigena-Antelo, B., & Appendini, C. M. (2021). Hurricane Flood Hazard Assessment for the Archipelago of San Andres, Providencia and Santa Catalina, Colombia. Frontiers in Marine Science, 8. https://doi.org/10.3389/fmars.2021.766258 Shchepetkin, A. F., & McWilliams, J. C. (2005). The regional oceanic modeling system (ROMS): A split-explicit, free-surface, topography-following-coordinate oceanic model. Ocean Modelling, 9(4), 347–404. https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2004.08.002

Posible evento de tsunami en el Caribe Colombiano generado por un deslizamiento submarino / Possible tsunami event in the Colombian Caribbean generated by a submarine landslide

Autores: Jackeline Ramos-González [1], * y Luis Otero [1]

[1] Departamento de Física y Geociencias, Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia (Jackeline Ramos-González hará la presentación)

Resumen:

Los deslizamientos submarinos son procesos críticos en el transporte de sedimentos y generadores potenciales de tsunamis, con riesgos significativos para la infraestructura y las comunidades costeras, como se evidenció en el Caribe colombiano el 17 de julio de 2017, cuando se registró una perturbación de 50 cm en Santa Marta, atribuida a un posible deslizamiento submarino. A pesar de estos antecedentes, el suroccidente del Caribe colombiano carece de estudios detallados sobre esta amenaza no tectónica. El objetivo de este trabajo es modelar la generación y propagación de un tsunami originado por un deslizamiento submarino en el Cinturón Plegado del Sinú (Sinu Fold Belt). Se empleó el modelo numérico COMCOT v1.6, integrando dos conjuntos de datos: batimetría de alta resolución (30 m) recolectada por la DIMAR, utilizada para caracterizar con precisión la geometría del deslizamiento, y topobatimetría de la DIMAR para la simulación numérica. La fuente generadora se construyó considerando un cuerpo rígido con una velocidad característica de 21 m/s, basada en la simplificación de Watts (2003), y discretizando el movimiento en ocho estados batimétricos que representan la deformación del lecho marino durante 714 segundos. Se implementó una configuración de rejillas anidadas (nested grids) con una resolución de 125 m para el margen continental y de 25 m para las regiones costeras de Tolú, San Antero, San Bernardo y Moñitos, utilizando ecuaciones de aguas poco profundas en coordenadas cartesianas (UTM 18N). Los resultados preliminares se centran en la fase de generación del tsunami, con la validación de la fuente mediante la integración de la paleobatimetría y de la deformación dinámica del fondo marino en el modelo. Se destaca que la alta resolución de la batimetría de la fuente revela rasgos morfológicos que condicionan la dirección de la energía, mientras que la topobatimetría permite una simulación continua de la propagación. Se concluye que estos avances son fundamentales para comprender la física de las amenazas submarinas no tectónicas en el Caribe suroccidental, lo que sienta las bases para futuros mapas de propagación en la región y fortalezca la planificación territorial en las costas de Córdoba.

Palabras clave: tsunami, deslizamiento submarino, modelo numérico, cinturón plegado del Sinú. **Keywords:** tsunami, submarine landslide, numerical model, Sinú fold belt.

Programa integral para la mitigación y el monitoreo de la erosión costera en el litoral antioqueño (PIMECLA)

Autores: Vladimir G. Toro-Valencia[1] Carlos A. Palacio-Tobón2Mónica Ardila[3] Dayana Carmona[3] Valentina Valencia[3] Jaime A. Ramírez-Gómez[4]

[1] Instituto de Ciencias del Mar, Universidad de Antioquia

[2] Escuela Ambiental de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia

[3] Universidad de Antioquia

[4] Director de Conocimiento del DAGRAN, Gobernación de Antioquia * Jaime A. Ramírez-Gómez hará la presentación oral.

Resumen:

La gestión del riesgo costero es una necesidad apremiante para el litoral antioqueño, especialmente ante el actual desarrollo económico y turístico de la región. En este contexto, el DAGRAN y la UdeA vienen desarrollando desde el año 2020 PIMECLA, el cual ha facilitado un trabajo interdisciplinario con un enfoque integral orientado a informar y transformar el territorio. Entre las principales actividades del programa se encuentran el monitoreo de la línea de costa (en diversas escalas espaciales) y de variables meteo-marinas. Así mismo, mediante experimentos numéricos se han implementado modelos operacionales a escala del Caribe y del golfo, lo que ha permitido la publicación, cada tres días, de un boletín de condiciones marinas con una ventana de pronostico de 5 días. La información generada sobre tasas de erosión, derrames de contaminantes y ascenso del nivel del mar ha servido como insumo para la actualización del plan departamental de gestión del riesgo. Gracias a estas y otras actividades, se ha consolidado un plan de medios en el cual se difunden periódicamente el boletín y los principales resultados del programa. Con esta base, PIMECLA ha dado un paso adicional hacia la generación de insumos que contribuyan a la transformación del territorio. A partir de la información de la línea de costa y considerando las dinámicas sociales y turísticas, se han identificado sitios críticos que requieren intervenciones. Siguiendo el marco propuesto por el IPCC, que sugiere la implementación de obras hibridas, se han propuesto obras verdes que combinan soluciones basadas en la naturaleza con elementos de ingeniería. Estas propuestas se han se fundamentan tanto en experiencias comunitarias del litoral como en intervenciones desarrolladas en regiones con condiciones similares. Como primera aproximación, se elaboraron diseños conceptuales de obras verdes, lo que permitió evaluar al menos dos opciones de intervención por sitio. Tras seleccionar la alternativa más adecuada, se realiazron mediciones detalladas de batimetría y topografía, así como muestreos de sedimentos en tres transectos perpendiculares a la costa y sondeos geotécnicos a

profundidades superiores a 8 metros. Con esta información -junto con los datos de línea de costa y los análisis del nivel del mar- se implementaron modelos numéricos oceánicos y costeros. En particular, los modelos costeros incluyeron experimentos en escalas espaciales finas (del orden de metros), comparando escenarios con y sin obra verde. Estos análisis permitieron ajustar los diseños conceptuales y llevarlos a un nivel de detalle constructivo. Además de los diseños ingenieriles, se desarrollaron métodos constructivos, especificaciones técnicas, presupuestos y planes de manejo ambiental y de tránsito. Toda esta información fue consolidada y remitida a las entidades ambientales y marítimas para su evaluación y concepto técnico. Hasta la fecha, se han elaborado 15 diseños conceptuales, de los cuales 7 han avanzado hasta el nivel de diseño ingenieril. De este modo, PIMECLA ha promovido el avance científico en el entendimiento de los procesos costeros, ha generado información clave para la gestión territorial y, mediante sus diseños, ha contribuido a la transformación y al fortalecimiento del desarrollo económico y turístico de la región.

Palabras clave: gestión de riesgo costero, monitoreo costero, erosión costera, litoral Antioqueño, PIMECLA
Keywords: coastal risk management, coastal monitoring, coastal erosion, Antioquia coastline, PIMECLA

Pronóstico hidrológico del Río Magdalena como apoyo a la eficiencia operativa del Puerto de Barranquilla / Hydrological forecasting of the Magdalena river in support of operational efficiency at the Port of Barranquilla

Autores: Martha Camargo[1], Claudia Urbano-Latorre[1]*, Sadid A. Latandret-Solana[1], Ángel G Muñoz[1]

[1] Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe - Dirección General Marítima, Cartagena, Colombia.

Resumen:

Mantener la operatividad del puerto de Barranquilla es fundamental, dado su carácter estratégico para el transporte marítimo nacional. En 2023, el puerto movilizó cerca de 9 millones de toneladas, equivalentes al 6,3 % de la carga marítima del país (Dirección General Marítima, 2024). Su canal de acceso se localiza en el estuario del río Magdalena, un sistema altamente dinámico controlado por la interacción entre la descarga fluvial, la marea, los gradientes de densidad, el oleaje, el viento y la batimetría (Haralambidou et al., 2010; Ralston et al., 2010; Sierra et al., 2002), además de presentar una marcada variabilidad estacional e interanual asociada a la migración de la Zona de Convergencia Intertropical (Poveda & Mesa, 1999; Restrepo López et al., 2017) y a la influencia del ENOS. En este contexto, el monitoreo y pronóstico del nivel y del caudal del río resultan esenciales para anticipar condiciones hidrológicas que inciden directamente en la navegabilidad, el manejo del calado disponible y la seguridad de la operación portuaria. El objetivo de este trabajo fue desarrollar una metodología operativa de pronóstico de niveles que permitiera anticipar el comportamiento hidrológico en el sector de Calamar y transferir dicha información a Bocas de Ceniza, como insumo directo para la navegación del río Magdalena y para la elaboración del Informe de las Condiciones Físicas del Canal de Acceso al Puerto de Barranquilla, utilizado operacionalmente. Para ello, se implementó un flujo automatizado de descarga, actualización y control de calidad de series de precipitación, nivel y caudal provenientes de múltiples estaciones del IDEAM (IDEAM, 2026). Posteriormente, las series temporales fueron transformadas mediante funciones ortogonales empíricas extendidas con retardos, con el fin de sintetizar la variabilidad regional dominante del sistema hidrológico. Estas componentes, junto con las series observadas de nivel y caudal en Calamar, fueron utilizadas como entradas de un modelo de redes neuronales tipo Transformer, entrenado para generar pronósticos diarios de nivel con un horizonte de 12 días. El empleo de arquitecturas Transformer en este contexto representa un enfoque novedoso para el pronóstico hidrológico operativo en grandes ríos tropicales, al permitir capturar dependencias temporales de largo alcance y relaciones no lineales complejas, superando limitaciones de enfoques estadísticos y neuronales tradicionales. Finalmente, el pronóstico generado para Calamar fue ajustado a Bocas de Ceniza mediante registros de la estación de nivel de la Señalización Marítima de Barranquilla (SMB) y un esquema estadístico basado en años análogos,

identificados a partir de técnicas de agrupamiento no supervisado aplicadas a ventanas históricas de nivel. Como resultado, la metodología consolida una cadena operativa completa, desde la actualización automática de datos hidrometeorológicos hasta la generación de pronósticos ajustados a SMB, los cuales alimentan de manera directa la información operacional para la navegación y la toma de decisiones asociadas a la señalización marítima y al mantenimiento del canal de acceso. En conjunto, el esquema implementado constituye una herramienta operacional robusta para fortalecer el seguimiento hidrológico del bajo río Magdalena y apoyar la evaluación anticipada de las condiciones de navegabilidad en el puerto de Barranquilla.

Palabras clave: Río Magdalena; Bocas de Ceniza; redes neuronales; pronóstico hidrológico; navegabilidad portuaria.
Keywords: Magdalena River; Bocas de Ceniza; neural networks; hydrological forecasting; port navigability.

Referencias:

Dirección General Marítima. (2024). Anuario estadístico de tráfico y transporte marítimo 2022-2023: 12–75. Formato digital. Editorial DIMAR. Bogotá, D. C., Colombia. Haralambidou, K., Sylaios, G., & Tsihrintzis, V. A. (2010). Salt-wedge propagation in a Mediterranean micro-tidal river mouth. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 90(4), 174–184. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2010.08.010 Poveda, G., & Mesa, O. J. (1999). La corriente de chorro superficial del oeste (del Chocó) y otras dos corrientes de chorro en Colombia: Climatología y variabilidad durante las fases del ENSO. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 23(89). https://doi.org/10.18257/raccefyn.23(89).1999.2848 Ralston, D. K., Geyer, W. R., & Lerczak, J. A. (2010). Structure, variability, and salt flux in a strongly forced salt wedge estuary. Journal of Geophysical Research: Oceans, 115(C6). https://doi.org/10.1029/2009JC005806 Restrepo López, J. C., Orejarena R, A. F., & Torregroza, A. C. (2017). Suspended sediment load in northwestern South America (Colombia): A new view on variability and fluxes into the Caribbean Sea. Journal of South American Earth Sciences, 80, 340–352. https://doi.org/10.1016/j.jsames.2017.10.005 Sierra, J. P., Sánchez-Arcilla, A., González del Río, J., Flos, J., Movellán, E., Mösso, C., Martínez, R., Rodilla, M., Falco, S., & Romero, I. (2002). Spatial distribution of nutrients in the Ebro estuary and plume. Continental Shelf Research, 22(2), 361–378. https://doi.org/10.1016/S0278-4343(01)00061-9 Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2026). AQUARIUS WebPortal: Data [Base de datos]. Recuperado el 31 de marzo de 2026, de https://aquariuswebportal.ideam.gov.co/

Propagación de tsunamis río arriba: aproximación al efecto en el transporte de sedimentos y los cambios morfológicos: río Guapi

Autores: María Paula Aranzales Sánchez[1]*, Juan Camilo Retrepo López[2], Ronald Efrén Sánchez Escobar[3]

[1] Escuela Naval de Cadetes Almirante Padilla, Cartagena, Colombia.

[2] Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia.

[3]Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (CCCP), Dirección General Marítima (DIMAR), Tumaco, Colombia. (*María Paula Aranzales Sánchez hará la presentación oral)

Resumen:

La propagación de tsunamis en ambientes fluviales constituye un proceso complejo influenciado por interacción simultánea de factores sísmicos, hidrodinámicos, morfológicos y sedimentológicos, que determinan de manera local el alcance y los efectos del evento en un determinado sistema. En este estudio se analizó la propagación de tsunamis en la bahía y el tramo inferior del río Guapi (Pacífico colombiano), abarcando los últimos 22.48 km de su cauce. Para ello, se realizaron simulaciones numéricas para tres escenarios sísmicos (1906, 1979 y el peor escenario posible) y se estudió la propagación de estos eventos considerando la variabilidad hidrológica, mareal y sedimentológica del ambiente fluvial de Guapi, resultando en un total de 72 escenarios analizados. La metodología aplicada se estructuró en cuatro fases principales: (I) determinación de los escenarios, parámetros de entrada y condiciones de contorno para la modelación numérica que incluyeron modelación hidrológica, de mareas y análisis sedimentario; (II) simulación hidrodinámica de la propagación del tsunami en el río Guapi; (III) simulación del transporte de sedimentos cohesivos y cambios morfológicos acoplado al modelo hidrodinámico; y (IV) simulación hidrodinámica y de transporte de sedimentos de un caso idealizado de cambio en la morfología de la desembocadura del río Guapi. Los resultados muestran que la marea (32%) constituye el parámetro de mayor influencia en la amplitud y extensión de las ondas de tsunami, mientras que el caudal fluvial (4.3%) regula principalmente su velocidad y atenuación longitudinal. La rugosidad del cauce, determinada principalmente por la vegetación de tipo manglar y la configuración morfológica del río, genera una fricción significativa que intensifica la disipación de energía, reduciendo el alcance del evento hacia el interior del sistema. Por su parte, la inclusión del transporte de sedimentos cohesivos en los modelos evidenció un aumento en la resistencia hidráulica del lecho y las llanuras, limitando la altura de las olas y modificando la dinámica de los procesos de erosión y sedimentación en el sistema, que además resulta en valores muy bajos que no indican cambios morfológicos perceptibles. Adicionalmente, se generó un escenario idealizado con la ampliación de la sección del canal artificial que atraviesa el meandro del río, encontrando que una intervención antrópica de este tipo podría favorecer la propagación del tsunami e

incrementar aguas arriba su amplitud, generando una mayor exposición en ciertas zonas antes protegidas por la estructura morfológica y la vegetación natural del sistema. En conjunto, el estudio evidencia que la interacción entre marea, caudal, rugosidad y la geomorfología del sistema definió patrones complejos de la propagación de las olas de tsunami en la desembocadura del río Guapi, resaltando la necesidad de considerar múltiples estados hidrodinámicos y morfológicos durante el análisis de los efectos del tsunami en sistemas fluviales con características altamente variables.

Palabras clave: Tsunamis, sistemas fluviales, sedimentos cohesivos, cambios morfológicos, eventos extremos.

Respuesta de la columna de agua al debilitamiento del chorro de Panamá en el Pacífico Colombiano / Response of the water column to the weakening of the Panamá jet in the Colombian Pacific

Autores: C. Ricaurte Villota[1], L. Portillo[1], J.T. Sánchez[1] [1]*Programa de Geociencias Marinas y Costeras, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andréis", Santa Marta, Colombia.* Autor de correspondencia y encargado de hacer la presentación del poster.

Resumen:

El chorro de Panamá es el principal motor del afloramiento estacional en el Panama Bight y un regulador clave de la estructura térmica y la productividad regional. En 2025 se documenta, por primera vez, el colapso de este sistema de forzamiento, evidenciado por una reducción sostenida en la frecuencia e intensidad de los eventos de chorro, que limitó la acumulación efectiva del esfuerzo del viento. Este debilitamiento se asocia a un desplazamiento anómalo de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) durante La Niña 2024–2025, revelando una sensibilidad no documentada previamente entre la variabilidad atmosférica y los procesos de surgencia en la región. Analizamos la respuesta de la columna de agua en el Pacífico colombiano frente a este escenario, enfocándonos en la estratificación vertical, la profundidad de la capa de mezcla y la estructura de la termoclina. Los resultados muestran un cambio abrupto en la estructura hidrográfica, caracterizado por anomalías cálidas y de baja salinidad que se extienden hasta ~50 m, intensificación de la estratificación, profundización de la termoclina y modificación de la capa de mezcla en relación con condiciones de afloramiento activo. Estos resultados evidencian una disrupción del acoplamiento océano-atmósfera que sostiene el afloramiento en el Panama Bight, con implicaciones directas sobre la ventilación de la capa superficial y el suministro de nutrientes. Este estudio redefine el rol del chorro de Panamá como un sistema potencialmente vulnerable a forzantes climáticos de gran escala y plantea nuevos escenarios de variabilidad para la productividad y la resiliencia de los ecosistemas marinos del Pacífico oriental tropical.

Palabras clave: Zona de Convergencia Intertropical; Oscilación del Sur–La Niña; Variabilidad de la termoclina; Acoplamiento océano-atmósfera; Anomalías hidrográficas.
Keywords: Intertropical Convergence Zone; La Niña–Southern Oscillation; Thermocline variability; Ocean–atmosphere coupling; Hydrographic anomalies

Selección y caracterización de zonas offshore para cimentaciones eólicas en el Caribe Colombiano / Selection and characterization of offshore sites for wind foundations in the Colombian Caribbean

Autores: Arnuel Tabares[1*], Jaider Solarte[1*], Juan Gabriel Rueda-Bayona[1]

[1] Grupo de Investigación HIDROMAR. Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente (EIDENAR), Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Cali, 760042, Colombia. (*Arnuel Tabares y Jaider Solarte harán la presentación oral)

Resumen:

El desarrollo de los proyectos de energía eólica offshore en el Caribe colombiano requiere una adecuada selección y caracterización de zonas que permitan condiciones favorables para el aprovechamiento del recurso eólico y así mismo que las condiciones oceanográficas no representen un riego para las cimentaciones de los aerogeneradores. En este contexto, este estudio tuvo como objetivo determinar tres ubicaciones apropiadas para el diseño y análisis de cimentaciones en el Caribe colombiano. La metodología se estructuró en cuatro etapas: (i) selección de zonas a partir de la Hoja de Ruta del Ministerio de Minas y Energía; (ii) evaluación del potencial eólico mediante revisión de estudios previos, priorizando áreas con alta velocidad del viento, adecuada profundidad y baja restricción ambiental; (iii) realizar un análisis de clima marítimo a partir de las bases de datos disponibles para un periodo de 30 años (1995–2025), procesados en MATLAB, donde se calcularon magnitud y dirección de vientos, corrientes y olas, y mediante el análisis de Weibull y el Peaks Over Threshold (POT) -tomando un percentil del 99.75% - calcular los eventos extremos; y (iv) caracterización geomorfológica del lecho marino mediante datos batimétricos GEBCO y revisión bibliográfica sobre sedimentos. Los resultados obtenidos a partir del análisis evidencian que cuando las alturas de olas son más altas (eventos extremos) se presentan velocidades de corrientes bajas en superficie, no obstante, cuando las corrientes máximas se presentan a mitad de la profundidad, las alturas de olas también pueden ser máximas. Además, las condiciones más extremas de olas están directamente relacionadas con las extremas de vientos. También se identificó que, a mayor profundidad en la columna de agua, menos visibles son las ondas transitorias de corriente. Por otro lado, el análisis permitió identificar direcciones de vientos, olas y corrientes predominantes en los tres puntos, información clave para la estimación de cargas sobre las estructuras. Desde el punto de vista geomorfológico, se determinó la presencia predominante de sedimentos arenosos y fangosos, aunque con un nivel de detalle limitado debido a la escasez de estudios específicos en las zonas seleccionadas. Se concluye que las zonas seleccionadas en el Caribe colombiano presentan condiciones favorables para el desarrollo de proyectos eólicos offshore, con un alto potencial eólico y un comportamiento oceanográfico que, aunque complejo, es predecible y manejable para el diseño estructural. La identificación de eventos

extremos, direcciones predominantes y características del lecho marino proporciona información clave para la estimación de cargas y la selección de cimentaciones. No obstante, se recomienda profundizar en estudios geomorfológicos y mediciones in situ para reducir la incertidumbre y optimizar el diseño de las cimentaciones para aerogeneradores.

Palabras clave: Energía eólica offshore, Caribe colombiano, clima marítimo, cimentaciones, batimetría
Keywords: Offshore wind energy, Colombian Caribbean, marine climate, foundations, bathymetry.

Respuesta del bacterioplancton a intrusiones de aguas moduladas por la surgencia en la Bahía la Herradura, Coquimbo, Chile / Bacterioplankton response to upwelling-modulated water intrusions in la herradura Bay, Coquimbo, Chile

Autores: Ian Cottrell[1*]\, *Sara Gutierrez*[1]\, Alexander Galán[2], Lennin Florez-Leiva[3]

[1] Ocean, Climate & Environment Research Group, Programa de Oceanografía, Universidad de Antioquia, Colombia.

[2] Centro de Investigación de Estudios Avanzados del Maule – CIEAM, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

[3] Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia. (*Ian Cottrell y* \Sara Gutierrez1 harán la presentación oral/póster).

Resumen:

El Sistema de la Corriente de Humboldt (SCH) está influenciado por procesos de surgencia costera que modulan su variabilidad física y biogeoquímica a escala local, y por tanto las comunidades microbianas responden a variaciones en la intensidad de la surgencia. Se realizaron perfiles de CTD-O y muestreos discretos a lo largo de un transecto en la Bahía La Herradura (Coquimbo, Chile) durante un período de relajación de la surgencia para caracterizar la estructura vertical y espacial de la columna de agua y establecer su relación con la abundancia del bacterioplancton. La columna de agua presentó una estratificación, con una capa superficial cálida y oxigenada entre ~10 y 50 m de profundidad. A nivel subsuperficial (<50 m), se evidenció la influencia de aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (ESSW), frías, salinas, pobres en oxígeno y ricas en nutrientes. Los nutrientes se agotaron en superficie y presentaron mayores concentraciones en la base de la oxiclina. El bacterioplancton evidenció una clara estructuración vertical y espacial donde bacterias y arqueas dominaron la comunidad, con mayores abundancias en superficie. Dentro del bacterioplancton autótrofo, los picoeucariontes (<2 µm) presentaron máximos hacia la boca de la bahía, mientras que los nanoeucariontes (2–6 µm) se concentraron en estaciones costeras. *Synechococcus* sp. Destacó como componente clave del picoplancton superficial. Estos resultados evidencian notables variaciones estructurales y funcionales del bacterioplancton de la Bahía La Herradura en respuesta a la entrada de aguas de origen ecuatorial.

Palabras clave: Corriente de Humboldt; surgencia; nutrientes; bacterioplancton; Bahía La Herradura. **Keywords:** Humboldt Current; upwelling; nutrients; bacterioplankton; La Herradura Bay.

Spatiotemporal variability of spectral wave systems in the north pacific during enso variabilidad / Espacio-temporal de sistemas espectrales de oleaje en el norte del Océano Pacífico durante enso

Autores: Darwin Aramburo[1*], Rubén D. Montoya[2], Andrés F. Osorio[3],[4]

[1] Universidad Tecnológica del Chocó "Diego Luis Córdoba", Grupo de Investigación en Gestión de las Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemática (GESTEM+B), Grupo de Investigaciones Pedagógicas en el Área de las Matemáticas (INPEMA), Cra. 22 No 18B-10B, Quibdó-Colombia.

[2] Universidad de Medellín, Grupo de Investigación en ingeniería Civil GICI, Grupo de investigación en Calidad del agua y Modelación Hídrica GICAMH, Universidad de Medellín, Carrera 87 N° 30 – 65, Medellín, Colombia.

[3] Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín - Facultad de Minas - Departamento de Geociencias y Medio Ambiente - Grupo de investigación OCEANICOS - Cra.80 No. 65-223 Bloque M[2], Medellín, 050041, Colombia.

[4] Center of Excellence in Marine Science, CEMARIN.

Resumen:

El clima de oleaje en el Pacífico Norte está determinado por la interacción entre sistemas generados localmente por el viento (sea) y sistemas tipo swell remotos, lo cual genera sistemas simultáneos complejos de oleaje. Diferentes estudios han investigado la climatología del oleaje en el Pacifico, basándose en parámetros integrales, sin considerar la variabilidad modulada por el fenómeno El Niño–Oscilación del Sur (ENSO), lo que limita la comprensión de estados de mar multimodales. El objetivo de esta investigación fue analizar la variabilidad espacio-temporal de sistemas espectrales complejos de oleaje a partir de un punto localizado de forma estrategia en el centro oriental del océano pacífico (Boya virtual B1, 24°N, 162°W), considerando el ciclo anual, la altura significativa del oleaje (Hs) y la ocurrencia simultánea para cada sistema durante las fases El Niño y La Niña. Para ello, se utilizaron espectros direccionales de oleaje delreanálisis ERA5 para el periodo 1979–2018, a partir de los cuales se identificaron sistemas de oleaje sea y swell mediante partición espectral, caracterizando su comportamiento en el dominio frecuencia-dirección y su evolución temporal. Los resultados muestran algunos sistemas dominantes. Entre ellos, un Swell del noroeste (S3) se destaca como el más energético y persistente, con valores máximos de altura de ola en el invierno boreal durante El Niño. En contraste, el Swell del suroeste (S5) presenta un ciclo anual opuesto, con máximos en Junio-Julio-Agosto, mientras que el sistema regional Sea (S4) incrementó su energía durante La Niña, asociado al fortalecimiento de los vientos alisios.

Asimismo, el sistema (S1), también generado localmente por el viento, aunque menos energético, aparece recurrentemente junto con otros sistemas simultáneos. Adicionalmente, más del 95% de los estados de mar corresponden a configuraciones simultáneas, evidenciando un carácter predominantemente multimodal. Durante El Niño predominan simultáneamente S3_S4 y S1_S3_S4, mientras que durante La Niña domina S3_S4_S5, indicando una mayor incorporación del swell austral. En consecuencia, este estudio demuestra que el análisis espectral del oleaje en B1 permite identificar cambios físicos relevantes en la estructura multimodal del estado de mar bajo las fases cálida y fría del ENSO (El Niño y la Niña), aportando información útil para la comprensión del clima de oleaje del Pacífico Norte y para aplicaciones en gestión costera, navegación y planificación marítima.

Palabras clave: sistemas espectrales de oleaje; ENSO; Norte del Océano Pacífico; swell; mar de viento

Referencias:

Aramburo, D., Montoya, R. D., & Osorio, A. F. (2022). Impact of the ENSO phenomenon on wave variability in the Pacific Ocean for wind sea and swell waves. Dynamics of Atmospheres and Oceans, 100, 101328. https://doi.org/10.1016/j.dynatmoce.2022.101328 Jiang, H., & Mu, L. (2019). Wave climate from spectra and its connections with local and remote wind climate. Journal of Physical Oceanography, 49(2), 543–559. https://doi.org/10.1175/JPO- D-18-0149.1 Pathirana, S., Young, I., & Meucci, A. (2023). Modelling swell propagation across the Pacific. Frontiers in Marine Science, 10, 1187473. https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1187473 Portilla-Yandún, J., Cavaleri, L., & Van Vledder, G. P. (2015). Wave spectra partitioning and long-term statistical distribution. Ocean Modelling, 96, 148–160. https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2015.06.008 Zhang, X., Wu, K., Li, R., et al. (2023). Relationship between large-scale variability of North Pacific waves and El Niño–Southern Oscillation. Journal of Marine Science and Engineering, 11, 1848. https://doi.org/10.3390/jmse11101848

Tránsito de la onda de marea bajo un escenario de clima cambiante / Tidal wave transit under a climate change scenario

Autores: David Noreña[1]\, *Yuley Cardona*[1]

[1] Departamento de Geociencias y Medio Ambiente, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Colombia. *Grupo de investigación OCEANICOS (*\ Hará la presentación oral/poster)

Resumen:

El derretimiento acelerado de las masas glaciares y la consecuente redistribución de la masa oceánica global (aumento bariestático) están alterando el potencial gravitatorio y la profundidad efectiva de las cuencas, perturbando la dinámica de propagación de las ondas de marea (Haigh et al., 2020; Idier et al., 2017). En regiones de régimen macromareal como el litoral Pacífico colombiano, estas variaciones potencialmente modificarían la amplitud de la marea, con especial manifestación en los extremos de pleamar y bajamar, amplificando/disminuyendo la erosión y el potencial de inundación costera (Rose et al., 2022). El presente trabajo evalúa la evolución cinemática y observacional del tránsito de la onda de marea en el Pacífico ecuatorial oriental bajo un escenario de clima cambiante. Inicialmente, se reconstruyó la evolución histórica del sistema anfidrómico utilizando series espaciales (1993-2020) de los satélites GRACE y GRACE-FO (Tapley et al., 2019), acopladas a un modelo cinemático computacional diseñado para rastrear la trayectoria espacial del nodo. Como productos principales de esta investigación, se establecen las correlaciones cruzadas directas entre las series temporales de derretimiento glaciar global, las anomalías locales de masa oceánica y los vectores de desplazamiento del punto anfidrómico. Asimismo, se presentan simulaciones numéricas del tránsito de la onda de marea en la región de interés, evaluadas mediante las Ecuaciones de Aguas Someras (SWE) y las Ecuaciones de Marea de Laplace (LTE). Estas simulaciones contrastan escenarios de control frente a escenarios que incorporan explícitamente el mecanismo de Auto-Atracción y Carga (SAL, por sus siglas en inglés) (Brus et al., 2023; Hendershott, 1972), permitiendo aislar y cuantificar el impacto real de la redistribución de masa sobre la propagación mareal. Esta conexión entre las perturbaciones globales y la hidrodinámica regional aporta herramientas observacionales y numéricas críticas para la gestión del riesgo hidrodinámico en el Pacífico colombiano.

Palabras clave: Mareas, Anfidrómico, Nivel del mar, GRACE, ENSO.
Keywords: Tides, amphidromic, Sea Level, GRACE, ENSO.

Referencias:

Brus, S. R., Barton, K. N., Pal, N., Roberts, A. F., Engwirda, D., Petersen, M. R., ... & Schindelegger, M. (2023). Scalable self attraction and loading calculations for unstructured ocean tide models. *Ocean Modelling*, 182, 102160. <https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2023.102160> Haigh, I. D., Pickering, M. D., Green, J. A. M., Arbic, B. K., Arns, A., Dangendorf, S., ... & Woodworth, P. L. (2020). The tides they are a-changin': A comprehensive review of past and future nonastronomical changes in tides. *Reviews of Geophysics*, 58(1), e2018RG000636. <https://doi.org/10.1029/2018RG000636> Hendershott, M. C. (1972). The effects of solid earth deformation on global ocean tides. *Geophysical Journal International*, 29(4), 389-402. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1972.tb06167.x> Idier, D., Paris, F., Le Cozannet, G., Boulahya, F., & Dumas, F. (2017). Sea-level rise impacts on the tides of the European Shelf. *Continental Shelf Research*, 137, 56-71. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2017.01.007> Rose, L., Rohith, B., & Bhaskaran, P. K. (2022). Amplification of regional tides in response to sea level. *Ocean Engineering*, 266, 113982.
[https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.113982](https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.113982) Tapley, B. D., Watkins, M. M., Flechtner, F., Reigber, C., Bettadpur, S., Rodell, M., ... & Yuan, D. N. (2019). Contributions of GRACE to understanding climate change. *Nature Climate Change*, 9(5), 358-369. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0456-2>

Variabilidad de foraminíferos planctónicos en la cuenca Tayrona, Guajira offshore / Planctik foramnifera variability in Tayrona basin, Guajira offshore

Autores: Valentina Céspedes[1]*, Sara Tabares[1], Gladys Bernal[1] Departamento de Geociencias y Medio Ambiente, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín

Resumen:

En el Caribe colombiano existe una notable carencia de estudios que aborden la variabilidad paleoceanográfica a escalas temporales asociadas con fenómenos climáticos decadales y multidecadales. En particular, la historia oceánica de la surgencia de la Guajira en estas escalas temporales no ha sido estudiada. En este contexto, este estudio analiza el núcleo de caja MSM-112-58 recolectado en la zona offshore de La Guajira, Caribe colombiano, con el objetivo de interpretar cambios ambientales ocurridos durante aproximadamente los últimos 500 años, mediante el análisis de la granulometría y los foraminíferos planctónicos. Los foraminíferos planctónicos son ampliamente utilizados en estudios paleoceanográficos debido a su alta sensibilidad a cambios en las condiciones del entorno marino, especialmente aquellos relacionados con la productividad primaria y a su capacidad de preservarse en los sedimentos, en la que registran variaciones ambientales y oceanográficas a lo largo del tiempo. Se realizó un muestreo cada centímetro para una resolución temporal de 14 años. Las muestras fueron lavadas y tamizadas, eliminando la fracción fina menor a 63 µm correspondiente a lodos, para luego separarlas en fracciones granulométricas. De las fracciones de 500, 250 y 125 µm se tomaron alícuotas proporcionales al peso inicial de la muestra para garantizar su representatividad. El conteo de microfósiles se realizó mediante picking manual usando estereomicroscopio. Se seleccionaron un mínimo de 300 foraminíferos planctónicos por muestra y se almacenaron en placas micropaleontológicas para su posterior identificación taxonómica. Los resultados muestran variaciones en la abundancia total de foraminíferos asociadas a cambios en la productividad superficial. La dominancia de *Globigerina bulloides* y *Neogloboquadrina dutertrei* sugiere períodos de intensificación de la surgencia costera, mientras que la presencia de *Globigerinoides ruber* y *Globigerinoides sacculifer* indica condiciones de aguas más cálidas y oligotróficas. La ocurrencia constante del foraminífero bentónico *Bulimina aculeata* respalda condiciones de alta productividad en la cuenca. El registro de foraminíferos planctónicos documenta fluctuaciones cíclicas en la productividad de la Guajira Offshore, con una periodicidad predominante de aproximadamente 75–100 años y la presencia de 4–5 picos, lo que sugiere una posible modulación por la Oscilación Multidecadal del Atlántico (AMO). Igualmente se presentaron fluctuaciones cíclicas en la granulometría que muestran relación con los cambios ambientales en la región. Estos resultados confirman el potencial de los foraminíferos planctónicos como indicadores paleoceanográficos para reconstruir la dinámica ambiental en sistemas de surgencia del Caribe colombiano.

Palabras clave: Foraminíferos planctónicos, Paleoceanografía, Surgencia, Oscilación Multidecadal del Atlántico, Productividad marina. Planktic foraminífera, Paleoceanography, Upwelling, Atlantic Multidecadal Oscillation, Marine Productivity.

Variabilidad interanual de la zona de mínimo oxígeno (ZMO) en el Océano Pacífico Colombiano

Autores: -Juana Díaz Zuluaga, Estudiante de noveno semestre de ingeniería ambiental, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Facultad de Minas, Grupo de investigación OCEANICOS. -Yuley Mildrey Cardona Orozco, Magister y Doctora en Ciencias de la tierra y atmosféricas de Georgia Institute of Technology, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Facultad de Minas, Grupo de investigación OCEANICOS.

Resumen:

La desoxigenación oceánica constituye una problemática ambiental de alcance global, causada principalmente por el debilitamiento del suministro de oxígeno por la circulación y mezcla oceánica, y la disminución de la solubilidad del oxígeno en el agua de mar debido al calentamiento. Esta abre paso a la expansión de aguas deficientes en oxígeno (oxígeno disuelto <20 µmol kg −1), conocidas como Zonas de Mínimo Oxígeno (ZMO), las cuales traen consigo una serie de consecuencias negativas tales como la perturbación de los ciclos biogeoquímicos globales, la alteración de la fisiología y la supervivencia de los organismos marinos y el cambio en la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas. Por ende, resulta fundamental comprender la dinámica de aquellas zonas. En esta investigación se analiza la variabilidad espacio-temporal de la ZMO en el océano Pacífico colombiano utilizando datos de concentración molar de oxígeno disuelto provenientes del reanálisis Global Ocean Biogeochemistry Hindcast para el período 1993-2025. Durante este intervalo se consideran aproximadamente 10 años asociados a eventos de La Niña, 10 años de El Niño y 11 años correspondientes a condiciones neutras. A partir de esos datos, se estima el área de la ZMO con valores entre 1.7x1012 y 4.8 x1012 m2 y su volumen con valores entre 7 x1013 y 2.1 x1014 m3, y se aplican Funciones Ortogonales Empíricas (EOF) a distintas profundidades con el fin de identificar los principales modos de variabilidad. Los datos del hindcast son validados a través de observaciones in situ recolectadas por el Centro Colombiano de Datos Oceanográficos (CECOLDO). También, se implementan proyecciones de modelos climáticos del CMIP6 para evaluar posibles tendencias futuras bajo diferentes escenarios de cambio climático. Los resultados indican que, la variabilidad de la ZMO en la región está fuertemente modulada por el fenómeno ENSO y que el oxígeno disuelto presenta una tendencia a disminuir en el contexto de cambio climático. Así pues, es necesario tanto fortalecer el monitoreo y la recolección de datos en el Pacífico colombiano como profundizar en el análisis del acoplamiento entre los procesos físicos y biogeoquímicos y su influencia en dicha zona.

Variabilidad termohalina en el Pacífico Colombiano: comparación de condiciones oceanográficas durante eventos el niño (2023) y la niña (2024) / Thermohaline variability in the colombian pacific: a comparison of oceanographic conditions during el niño (2023) and la niña (2024) events

Autores: Bermúdez-Rivas, Christian; Vásquez-López, Laura Marcela*; Hurtado-Martínez, José Harbey; Quijano-Ferrín, Joao Camilo; Moyano- Medina, Santiago.

1 Centro de Investigaciones Oceanográficas del Pacífico (CCCP), Dirección General Marítima, Colombia.

Resumen:

La variabilidad asociada al El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) modula de manera significativa la estructura física y termodinámica de la cuenca del Pacífico colombiano, afectando variables como la temperatura, salinidad y densidad, profundidad de la capa de mezcla (MLD) y la estratificación de la columna de agua (Wang & Fiedler, 2006). En particular, los eventos de El Niño y La Niña inducen anomalías contrastantes en la estructura termohalina, la circulación superficial y subsuperficial, así como en los procesos de surgencia y mezcla vertical (Fiedler & Lavín, 2006). El presente estudio analiza comparativamente las condiciones oceanográficas observadas durante los años 2023 y 2024, correspondientes a fases cálida y fría del ENSO, respectivamente. Se emplearon datos obtenidos a partir de perfiles hidrográficos (CTD), incluyendo temperatura potencial (θ), salinidad absoluta (SP), densidad potencial (σθ) y presión (p), recolectados durante cruceros oceanográficos realizados bajo el Protocolo para el Estudio Regional del Fenómeno de El Niño de la Comisión Permanente del Pacífico Sur. A partir de estos datos se derivaron variables secundarias como la profundidad de la capa de mezcla (PCM), la frecuencia de Brunt-Väisälä (N^2) como indicador de estratificación, y diagramas T-S para la identificación de masas de agua. Durante el evento El Niño (2023), se observó un incremento generalizado de la temperatura superficial del mar (TSM), acompañado de una profundización de la termoclina, con valores que en algunos sectores superaron los 50 m. La salinidad mostró una mayor variabilidad superficial, asociada a aportes continentales y precipitación, mientras que la densidad potencial (σθ) evidenció una disminución en las capas superiores. La profundidad de la capa de mezcla (PCM) presentó un aumento relativo, consistente con una menor estratificación superficial, lo cual fue corroborado por valores reducidos de la frecuencia de Brunt-Väisälä (N^2). Los diagramas T-S sugirieron una mayor influencia de masas de agua cálidas y menos densas, con señales de intrusión de aguas oceánicas en la región costera. En contraste, durante el evento La Niña (2024), se registró una disminución de la TSM y una somerización de la termoclina, ubicada en promedio entre 25 y 30 m de profundidad. La salinidad superficial tendió a incrementarse ligeramente en zonas oceánicas, mientras que en áreas costeras se mantuvieron valores influenciados por descargas fluviales. La densidad potencial mostró un aumento en la capa superficial, favoreciendo una mayor estabilidad de

la columna de agua. La PCM fue significativamente menor en comparación con 2023, y los valores elevados de N^2 indicaron una estratificación más intensa. Adicionalmente, los diagramas T-S evidenciaron la presencia más marcada de aguas subsuperficiales frías y densas, asociadas a procesos de surgencia y mezcla vertical. En términos espaciales, las mayores diferencias se concentraron en la zona costera y en regiones de transición océano-costa, donde la interacción entre procesos locales y forzantes remotos del ENSO amplificó las diferencias observadas entre ambos periodos. Los resultados confirman que la variabilidad interanual asociada al El Niño-Oscilación del Sur ejerce un control determinante sobre la estructura física de la columna de agua en el Pacífico colombiano. Las diferencias observadas entre los años 2023 y 2024 reflejan respuestas opuestas del sistema oceanográfico frente a las fases cálida y fría del ENSO.

Referencias:

BIBLIOGRÁFICAS Fiedler, P. C., & Lavín, M. F. (2006). Introduction: A review of eastern tropical Pacific oceanography. *Progress in Oceanography*, *69*(2–4), 94–100. https://doi.org/10.1016/j.pocean.2006.03.006 Wang, C., & Fiedler, P. C. (2006). ENSO variability and the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, *69*(2–4), 239–266. https://doi.org/10.1016/j.pocean.2006.03.004



Gestión, marcos legales y gobernanza de zonas marino costeras

Las interacciones entre tsunamis y sedimentos amplifican el riesgo costero y modifican la dinámica de las inundaciones en la bahía de Tumaco, Colombia. / Tsunami-sediment interactions amplify coastal hazard and reshape inundation dynamics in Tumaco bay, Colombia.

Autores: [1] Ronald E. Sánchez Escobar[1]*, Juan Jose Ferrer Pelaez[2], Erick R. Velasco-Reyes[3] y Erick Mas[4]

[1]Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (CCCP), Dirección General Marítima (DIMAR), Tumaco, Colombia [2]Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (CCCP), Dirección General Marítima (DIMAR), Tumaco, Colombia [3]Oregon State University, College of Engineering, School of Civil and Construction Engineering, Oregon, US [4]International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University. Sendai, Japan (*Ronald Sánchez Escobar hará la presentación oral)

Resumen:

Tumaco, situada en la costa del Pacífico colombiano, es particularmente vulnerable debido a su ubicación dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico. Si bien se han realizado estudios sobre el riesgo de tsunami en la región, la interacción entre estos eventos y el transporte de sedimentos ha sido poco explorada, a pesar de su impacto en la dinámica de las inundaciones. Este estudio aborda esta brecha comparando dos escenarios con y sin transporte de sedimentos y evaluando los efectos morfodinámicos de los tsunamis en las medidas de mitigación propuestas para Tumaco. Los resultados muestran que la inclusión del transporte de sedimentos en las simulaciones modula la altura de las olas, la profundidad y extensión de las inundaciones, así como los impactos costeros. En particular, la profundidad máxima del flujo aumenta un 24,4 % en la isla del Morro, un 11,57 % en la isla Tumaco y un 30,91 % en el continente. Asimismo, las zonas inundadas aumentan un 4,12 %, un 5,15 % y un 13,43 %, respectivamente, debido a ajustes morfodinámicos que modifican la batimetría local y la topografía costera durante la propagación y el ascenso del tsunami. Las medidas de mitigación reducen la extensión de la inundación, aunque provocan aumentos locales en la altura de las olas debido a los efectos de reflexión. Cabe destacar que, en las simulaciones con medidas de mitigación, el transporte de sedimentos no causa erosión que comprometa estas defensas costeras. Estos hallazgos subrayan la importancia de incorporar el transporte de sedimentos en la modelización de tsunamis para mejorar las evaluaciones de riesgos y perfeccionar las estrategias de mitigación, contribuyendo así al desarrollo de planes de resiliencia costera más eficaces.

Palabras clave: Evaluación Tsunami, Bahía de Tumaco, Modelación Numérica, Transporte de Sedimentos, Cambios Morfodinamicos

Keywords: Tsunami Hazard, Tumaco Bay, Numerical Modeling, Sediment Transport, Morphological Changes.

Planificación espacial marina (Marine Spatial Planning). Ordenamiento marino-costero visión de autoridad marítima omc-vam como herramienta para la gestión sostenible del litoral en la jurisdicción de la capitanía de puerto de Bahía Solano. / Marine-coastal planning: maritime authority vision omc-vam as a tool for the sustainable management of the coastline in the jurisdiction of the port captaincy of bahia solano.

Autores: Diana Niño Pinzón[1] Ronald Sánchez Escobar[1]*

[1]Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico, Dirección General Marítima.
(*Ronald Sánchez Escobar hará la presentación oral)

Resumen:

Las zonas marino-costeras concentran una alta diversidad de ecosistemas y una creciente presión derivada de actividades como el turismo, la pesca, el desarrollo urbano y la infraestructura costera. En este contexto, el OMC-VAM surge como un instrumento clave para orientar el uso sostenible del espacio marítimo y litoral, integrando información científica, criterios ecosistémicos y procesos de planificación territorial. Sin embargo, aún persisten retos relacionados con la disponibilidad de información técnica, la articulación institucional y la incorporación del conocimiento científico en la toma de decisiones. El objetivo fue establecer un enfoque de autoridad marítima en la identificación de sinergias y posibles incompatibilidades de las actividades humanas presentes en la jurisdicción de CP10 (Bahía Solano), como aporte al proceso de OMC-VAM en el Pacífico colombiano. La investigación se desarrolló mediante la recopilación y análisis de información científica y geoespacial relacionada con las características fisiográficas del litoral, los ecosistemas costeros y los usos asociados a la franja marino-costera. Se realizó una revisión de instrumentos de planificación y gestión del litoral, complementada con el análisis espacial de variables biofísicas y antrópicas mediante herramientas de sistemas de información geográfica. Este enfoque permitió identificar áreas con potenciales conflictos de uso y zonas prioritarias para la gestión y planificación del territorio costero. Los resultados evidencian que el ordenamiento marino-costero contribuye a la identificación de conflictos de uso, la priorización de áreas para conservación y el fortalecimiento de la planificación territorial en el litoral. Asimismo, se destaca la necesidad de fortalecer la generación de información técnica y científica, el monitoreo de los ecosistemas costeros y los mecanismos de coordinación entre entidades responsables de la gestión del litoral. La aplicación de la metodología OMC: VAM en la jurisdicción de la Capitanía de Puerto de Bahía Solano permitió identificar 36 usos marítimos y 630 interacciones, de las cuales solo el 5,2% presentan algún grado de conflicto, principalmente asociados a la pesca industrial, mientras que la mayoría de traslapes no generan conflictos

significativos; se evidenció la necesidad de fortalecer el control institucional sobre actividades como el avistamiento de ballenas y la contaminación de manglares, priorizando la conservación sostenible de los ecosistemas, y se reconocieron oportunidades de desarrollo económico futuro en acuicultura, hidroponía, ecoturismo y puertos como motores de crecimiento social y comunitario.

Palabras clave: Ordenamiento, Zona costera, Gobernanza, Interacciones espaciales, Cartografía
Keywords: Land use planning, Coastal zone, Governance, Spatial interactions, Cartography

"Perspectivas de la ciencia marino-costera: tendencias cienciométricas y del trabajo en redes para la formación doctoral en temas de desarrollo sostenible" / "Perspectives on marine-coastal science: scientometric and networking trends for doctoral training in sustainable development"

Autores: *Celene Milanés Batista[1]; Camilo m. Botero[2]

[1] Programa de Ingeniería Marino Costera. BioRed Institute. Universidad del Magdalena. Santa Marta, Colombia.

[2] Universidad Sergio Arboleda. Santa Marta, Colombia.

Resumen:

En la formación de capacidades en temas marino-costeros, el Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC) ha jugado un rol importante como disciplina científica. Posteriormente, el desarrollo sostenible ha venido fortaleciendo los temas de formación de capital humano, a partir de la creación de numerosos programas de postgrados de maestrías y doctorados en desarrollo sostenible. Colombia no ha estado al margen de este crecimiento. Esta ponencia contiene resultados de dos investigaciones que generaron dos publicaciones científicas enfocadas en la formación de capacidades en temas de Manejo Integrado de Zonas Costeras y Desarrollo Sostenible. La primera de ellas es resultado de una publicación científica en el prestigioso Journal "Marine Policy". La segunda es un libro de investigación recientemente publicado por la editorial Educosta. A través de un análisis cienciométrico basado en las bases de datos Web of Science y Scopus, se analizaron más de once mil referencias bibliográficas. Se extrajeron aquellas que se encontraban directamente relacionadas con aspectos legales de la gestión costera. Se analizó un conjunto final de 135 documentos científicos. Para obtener los resultados se hizo uso de la herramienta Core of Science®. Como resultado se obtuvo el Árbol de la Ciencia, que identifica los documentos precursores (raíces), eje (tronco) y promisorios (hojas) relacionados con la regulación costera. Se identificaron redes de coautoría en función de las regiones geográficas y los autores más activos en este campo del conocimiento. Este resultado inicial, se mostró a los estudiantes del doctorado en Desarrollo Sostenible de la Universidad de la Costa, para que comiencen a aprender a navegar en bases de datos y obtener información confiable para crear sus resultados de formación doctoral. Como resultado se obtiene un libro de formación dividido en dos partes. Los capítulos escritos en esta primera parte del libro abordan los Objetivos de Desarrollo Sostenible: ODS 1-Fin de la pobreza; ODS 6-Agua limpia y saneamiento; ODS 9-Industria, innovación e infraestructura; ODS 13- Acción por el clima y ODS 15- Vida de los ecosistemas terrestres. Todos ellos analizados desde su relación con el ODS 14- Vida submarina. En la segunda parte se analizan los ODS 11, 15 y 17. Como conclusión del primer resultado se confirma la mayor influencia del

MIZC en los países de habla inglesa. La influencia del MIZC comenzó en los EE. UU., pero se ha generalizado y hecho mundial a partir del siglo XXI. Sobre el segundo resultado, se concluye que han sido muchos los aprendizajes adquiridos sobre el manejo integrado en las zonas costeras, los cuales asoman como aprendizajes tempranos que pueden facilitar la transición exitosa hacia un desarrollo sostenible, bajo un marco de gobernanza e implementación del manejo integrado con perspectivas de largo plazo, para lo cual se cuenta una acumulación significativa de análisis y lecciones aprendidas en iniciativas de manejo costero a escala local. El trabajo genera una reflexión sobre la importancia de usar la cienciometría para analizar el marco teórico y el estado del arte de investigaciones que se desarrollan en formación de posgrado. La investigación devela la importancia e influencia de la primera ley de gestión de zonas costeras del mundo.

Palabras clave: Regulación costera; redes de colaboración científica, análisis bibliométrico; gestión costera; ley de costa.

Referencias:

Botero, C, Milanes BC, Robledo S. 50 years of the Coastal Zone Management Act: The bibliometric influence of the first coastal management law on the world. [Marine Policy](https://www.sciencedirect.com/journal/marine-policy). [Volume 150](https://www.sciencedirect.com/journal/marine-policy/vol/150/suppl/C), April 2023, 105548 <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105548> Milanes, C.I. Pereira, C.M. Botero. Improving a decree law about coastal zone management in a small island developing state: the case of Cuba. Mar. Policy, 101 (2019), pp. 93 107, [10.1016/j.marpol.2018.12.030](https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.12.030) Milanés Batista C., Botero Suárez Andrés, C.M. Saltarén. Novel method to delimitate and demarcate coastal zone boundaries Ocean Coast. Manag., 144 (15) (2017), pp. 105 119p, [10.1016/j.ocecoaman.2017.04.021](https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.04.021) Milanés Batista, C., y Botero, C. (Eds). (2026). *Desarrollo sostenible en las ciencias marino-costeras: aportes desde la formación doctoral y redes de colaboración internacional*. Educosta D.R. Godschalk. Implementing coastal zone management: 1972–1990 Coast. Manag., 20 (2) (1992), pp. 93-116, [10.1080/08920759209362167](https://doi.org/10.1080/08920759209362167) R. Alterman, C. Pellach. Regulating coastal zones International Perspectives on Land Management Instruments, Routledge (2020) [Online]. Available: <https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=U7UAzxkAAAAJ&pagesize=100&citation_for_view=U7UAzxkAAAAJ:F1b5ZUV5XREC> W.J. Neal, O.H. Pilkey, J.A.G. Cooper, N.J. Longo Why coastal regulations fail. Ocean Coast Manag, 156 (2018), pp. 21-34, [10.1016/j.ocecoaman.2017.05.003](https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.05.003)

1. [↑](#footnote-ref-1)

Plan de manejo del humedal Ramsar Ciénaga Grande de Santa Marta: marco estratégico de conservación

Autores: Anny Zamora-Bornachera, Msc[1]; Alejandra Vega-Cabrera Esp[1], Paula Cristina Sierra- Correa, PhD[1]; Oscar Manrique Msc[2], Vera Martínez Msc[2]

[1] Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andréis" – INVEMAR, Colombia 2 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MINAMBIENTE, Colombia. (Anny Zamora-Bornachera hará la presentación oral).

Resumen:

Los humedales de importancia internacional designados bajo la Convención Ramsar, desempeñan un papel fundamental en la conservación global, al contribuir a la protección de la biodiversidad, la regulación del ciclo hidrológico, el almacenamiento de carbono y el sostenimiento de los medios de vida de comunidades locales (Secretaria de la Convención Ramsar, 2016). No obstante, la efectividad de estas designaciones depende en gran medida de la implementación de acciones de gestión a escala local que garanticen la conservación de sus características ecológicas y el uso sostenible de sus recursos (Vilardy et al., 2021). En Colombia, el sistema delta estuarino del río Magdalena–Ciénaga Grande de Santa Marta (SDERM-CGSM) constituye uno de los complejos lagunares más importantes del Caribe y cuenta con reconocimiento internacional como sitio Ramsar y Reserva de Biosfera. A pesar de su relevancia ecológica y socioeconómica, este sistema ha experimentado procesos significativos de degradación ambiental asociados, entre otros factores, a la alteración del régimen hidrológico, la reducción del intercambio de flujos de agua dulce y salada, y presiones antrópicas sobre sus recursos naturales (INVEMAR, 2019). Estas transformaciones han generado cambios sustanciales en sus características ecológicas, afectando su funcionalidad y resiliencia. En este contexto, la misión de asesoramiento de la Convención Ramsar (2017) recomendó la inclusión del sitio en el Registro de Montreux y exhortó al Estado colombiano a formular un plan de manejo integral, participativo y orientado a la implementación de acciones prioritarias de restauración y conservación. En respuesta a estas recomendaciones, entre 2018 y 2025 se desarrolló el proceso de formulación del Plan de Manejo del sitio Ramsar SDERM- CGSM, con la participación activa de más de 500 actores, incluyendo organizaciones comunitarias, grupos étnicos, entidades gubernamentales y el sector privado. Este proceso buscó integrar diferentes visiones y conocimientos en torno a la gestión del territorio, fortaleciendo la gobernanza ambiental y la toma de decisiones. El Plan de Manejo, adoptado en febrero de 2026 (Acuerdo de comisión conjunta 003/2026), establece un marco estratégico para la conservación, manejo y uso sostenible de más de 528.600 ha, con el objetivo de mantener la integridad de las características ecológicas del sistema y promover el desarrollo local sostenible. Se estructura en tres objetivos específicos, diez líneas estratégicas y veintitrés proyectos enfocados en la restauración de la

biodiversidad y el recurso hídrico, la sostenibilidad productiva y el fortalecimiento de la gobernanza, investigación, monitoreo, educación y participación (MINAMBIENTE et al., 2025). Con un horizonte de diez años, su implementación y seguimiento estará a cargo de la comisión conjunta conformada por las autoridades ambientales competentes. Este instrumento representa un avance significativo en la gestión integral del SDERM-CGSM, al articular esfuerzos institucionales y sociales en torno a la conservación de uno de los humedales más estratégicos de Colombia. Este trabajo se realizó en el marco de los proyectos "Herencia Colombia-Paisajes Sostenibles (INVEMAR- FAO/GCP /COL/120/EC)" y "Conservación y Uso Sostenible de la Ciénaga Grande de Santa Marta GEF- BID-INVEMAR (CO-G1014)". Tipo de presentación: oral

Palabras clave: Gobernanza ambiental, humedal Ramsar, Reserva de Biosfera, Ciénaga Grande de Santa Marta, Plan de Manejo. Referencias bibliográficas Secretaria de la convención Ramsar (2016). Manual de la convención Ramsar: Introducción a la Convención sobre los Humedales. 5th ed. Gland, Suiza. 118 p. Vilardy Quiroga, S.; Ayaso-Toscano, R. y León, A. (2021). Los Sitios Ramsar en Colombia: Recomendaciones para su gestión frente al cambio climático. Humboldt Biodiversidad: https:

Keywords: /reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2021/cap4/406/#seccion1 INVEMAR (2019). Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe Técnico Final 2019, Volumen 18. Santa Marta 214 p + anexos. Secretaria de la convención Ramsar (2017). Misión de asesoramiento Ramsar No. 82: Sitio Ramsar Sistema Delta Estuarino del Río Magdalena Ciénaga Grande de Santa Marta. Colombia. 62 p. CORPAMAG, CRA, BARRANQUILLA VERDE, PNN (2026). Acuerdo de comisión conjunta No. 003: Por medio del cual se adopta y aprueba el Plan de manejo ambiental del Sitio Ramsar Sistema Delta Estuarino del Río Magdalena Ciénaga Grande de Santa Marta. Colombia. 7 p. MINAMBIENTE, INVEMAR, CORPAMAG, CRA, BARRANQUILLA VERDE, PNN (2025). Plan de manejo ambiental del Sitio Ramsar Sistema Delta Estuarino del Río Magdalena Ciénaga Grande de Santa Marta. Colombia. Colombia. 202 p.

Gobernanza multinivel y co-manejo intercultural para la conservación de pastos marinos como sumidero de carbono azul en el Caribe colombiano

Autores: Desireé Hernández Narváez, Economista Msc[1]. *Anny Zamora-Bornachera, Economista Msc[2]. Paula Cristina Sierra-Correa, PhD[3].*

[1,2,3] *Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andréis" – INVEMAR. (*Desireé Hernández Narváez hará la presentación oral).

Resumen:

La conservación de los pastos marinos en el Caribe colombiano, reconocidos por su papel estratégico como sumideros de carbono azul (Serrano et al., 2021), exige la implementación de enfoques integrales basados en gobernanza multinivel y esquemas de co-manejo intercultural que articulen actores a escalas local, regional, nacional e internacional (Beers et al., 2020). En este contexto, la "Estrategia de sostenibilidad comunitaria y financiera para la conservación de los pastos marinos como ecosistema carbono azul" en el área marina protegida Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) Sawäirü, ubicado en La Guajira y que alberga la mayor extensión de este ecosistema en Colombia (Acosta-Chaparro et al., 2022; Serrano et al., 2021; Díaz et al., 2003), constituye un caso de referencia para el diseño de iniciativas de carbono azul en territorios biodiversos y presencia de comunidades indígenas. A partir de análisis participativos de actores de comunidades Wayuú adyacentes al DRMI, se identificaron asimetrías en la gobernanza ambiental, limitada inclusión histórica en los procesos de manejo y tensiones asociadas a la sobreexplotación de recursos pesqueros; no obstante, también emergen oportunidades relacionadas con la incorporación de saberes ancestrales, la articulación institucional y el fortalecimiento de capacidades locales. La consolidación de acuerdos locales (como buenas prácticas de tránsito marítimo), junto con el fortalecimiento de capacidades técnicas y la generación de incentivos a la conservación, constituyen condiciones habilitantes para escalar esquemas de mitigación climática basados en ecosistemas. De manera complementaria, se formulan recomendaciones técnicas orientadas a viabilizar proyectos de carbono azul, entre las que destacan el desarrollo de líneas base robustas mediante cartografía detallada, cuantificación de existencias y flujos de carbono, y la implementación de sistemas de monitoreo continuo que permitan reducir incertidumbres y demostrar adicionalidad.

Asimismo, se enfatiza la importancia de integrar la mitigación y la adaptación basada en ecosistemas, promover mecanismos de financiamiento climático con participación del sector privado y generar co-beneficios socioeconómicos tangibles, como empleo, fortalecimiento productivo y resiliencia comunitaria, que legitimen socialmente las intervenciones (Hernández- Narváez et al., 2023). Finalmente, la evaluación de la viabilidad técnica, económica, legal y social de este tipo de iniciativas, junto con el fortalecimiento

de la gobernanza ambiental y la participación efectiva de las comunidades, se configura como un elemento clave para escalar soluciones basadas en la naturaleza, posicionando el caso de La Guajira como un modelo replicable en el Sur Global.

Palabras clave: Gobernanza ambiental, La Guajira, Cambio climático, Participación comunitaria, Pueblo indígena Wayuü
Keywords: Environmental governance, La Guajira, Climate change, Community participation, Wayuu indigenous people.

Referencias:

Acosta Chaparro, A., Gómez-López, D. I., Sánchez-Valencia, L., González-Corredor, J. D., & Navas-Camacho, R. (2022). Biomasa de pastos marinos y su rol como sumideros de carbono en las localidades de la isla de San Andrés y La Guajira, Caribe colombiano. Boletín de Investigaciones 137–150. https://boletin.invemar.org.co/ojs/index.php/boletin/article/view/1227 Costeras, Marinas 51(1), y Beers, L., Crooks, S., & Fennessy, S. (2020). Desktop study of blue carbon ecosystems in Ramsar sites. Silvestrum Climate Associates para el Grupo de Examen Científico y Técnico de la Convención sobre los Humedales. 17 p. Díaz, J. M., Barrios, L. M., & Gómez-López, D. I. (Eds.). (2003). Las praderas de pastos marinos en Colombia: estructura y distribución de un ecosistema estratégico. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR. Hernández-Narváez, D., Zamora-Bornachera, A., & Sierra Correa, P. (2023). Análisis de actores del DRMI Sawäirü: Informe técnico final. Implementación del plan de manejo del DRMI pastos marinos Sawäirü: Estrategia de sostenibilidad comunitaria y financiera para la conservación de los pastos marinos como ecosistema carbono azul. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andréis (INVEMAR). Santa Marta. 19 p. Serrano, O., Gómez-López, D. I., Sánchez-Valencia, L., Acosta-Chaparro, A., Navas-Camacho, R., González-Corredor, J. D., Salinas, C., Máscara, P., & Bernal, C. (2021). Seagrass blue carbon stocks and sequestration rates in the Colombian Caribbean. Scientific Reports, 11, 11067. https://doi.org/10.1038/s41598-021-90544-5

Control y administración de playas y bajamares en el litoral Caribe colombiano. caso: Punta de Piedra, Isla Barú. / Control and management of beaches and intertidal zones on the Colombian Caribbean Litoral. study case: punta de piedra, Barú Island.

Autores: Fernando Afanador Franco[1]\ ,Eliana Isabel Ruiz L´Hoeste[1] , Walter Barrios Figueroa[1], Carlos Andrés Banda Lepesquer[1], Kevin Andrés Rodríguez Badillo[1].

[1] Dirección General Marítima. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe. Sección Manejo Integrado de Zona Costera. (\ Fernando Afanador Franco hará la presentación oral).

Resumen:

Las playas, los terrenos de bajamar y las aguas marítimas en litoral Caribe colombiano se encuentran bajo la jurisdicción de la Dirección General Marítima (DIMAR) y son considerados Bienes de Uso Público (BUP), de acuerdo con el Decreto 2324 de 1984 – Artículos 2 y 166, por tanto, son intransferible a cualquier título a los particulares. La DIMAR en ejercicio de su función como Autoridad Marítima del país, cuenta con la delimitación de estos bienes para el litoral Caribe colombiano y territorios insulares. Dado que la franja litoral es un ambiente dinámico, se hace necesario llevar a cabo revisión y actualización periódica de la delimitación de las playas y de los terrenos de bajamar en sitios específicos. Se revisó y actualizó la delimitación de los BUP en el sector de Punta Piedra, Isla de Barú, Distrito de Cartagena de Indias. El marco metodológico se basó en la metodología establecida por la DIMAR para delimitar los BUP complementada con el análisis de unidades geomorfológicas, que incluyó por una parte, el análisis de perfiles topográficos obtenidos mediante Modelos Digitales de Terreno con base en datos de Light Detection And Ranging (LiDAR) adquiridos en el año 2021; la inspección visual y análisis del material constitutivo del sector y un levantamiento de línea de costa actual en tiempo real utilizando tecnología GNSS en modo estático. Los resultados evidenciaron que parte del área analizada se encuentra sobre unidades geomorfológicas con características técnicas de Bienes de Uso Público - BUP, estableciéndose sectores correspondientes a aguas interiores, playa y terrenos de bajamar; mientras que una proporción significativa corresponde a una terraza marina elevada, que, por sus características no se encuentra asociada a BUP. El estudio identificó un retroceso crítico en la línea de costa que resultó en una reducción de 1566 m2 del área de playa marítima y un retroceso del límite de la terraza marina hacia el continente en una extensión de 2 m entre los años 2005 y 2025. Los resultados permitieron establecer que los procesos erosivos y de redistribución sedimentaria han modificado la configuración geomorfológica del sector, lo que justifica la necesidad de actualizar de forma periódica la información oficial utilizada para la delimitación de bienes públicos costeros, aportando insumos confiables para la toma de decisiones relacionadas con la administración, ordenamiento y gestión sostenible del litoral en el sector Punta Piedra, Barú.

Palabras clave: Bienes de Uso Público, línea de costa, unidades geomorfológicas, erosión costera, Litoral Caribe Colombiano.
Keywords: Public Use Goods, coastline, geomorphological units, coastal erosion, Colombian Caribbean coast.

Plan de Ordenamiento Territorial de Santa Marta: un enfoque prospectivo multiescalar para la gobernanza y la protección marino-costera

Autores: Zully c. David Hoyos Candidata Doctor Desarrollo Sostenible c

Resumen:

Tiene como objetivo principal proponer una metodología integrada parar el ordenamiento territorial en ciudades costeras, superando los enfoques disciplinares y sectoriales, mediante la integración de enfoques ecosistémicas, prospectivas y de gobernanza. Para ello se validó la metodología Ordenamiento Territorial Prospectivo y Multiescalar Marino-Costero, un marco holístico que combina diagnóstico en cinco dimensiones (ambiental-riesgo, sociocultural, económico-productiva, funcional y de gobernanza), análisis estructural prospectivo y construcción de escenarios futuros. El caso de estudio fue el Distrito de Santa Marta, Colombia, un territorio costero con una base ecosistémica frágil sometido a presiones¨de expansión urbana, turismo masivo y riesgos climáticos. Se hizo uso del método mixto de la investigación social. La aplicación de la metodología permitió diagnosticar las deficiencias de los instrumentos de planificación vigentes en del departamento del Magdalena, Colombia, caracterizadas por una incorporación fragmentada de criterios de sostenibilidad y una gobernanza sectorial descoordinada que generan conflictos socioambientales críticos. La metodología propuso componentes estratégicos para un nuevo plan, centrados en una estructura socio-ecosistémica, un modelo de ocupación sostenible y una gobernanza adaptativa. Los principales resultados incluyeron la identificación de cuatro escenarios prospectivos, destacando como deseable ¨El una ciudad sociecosistemica Resiliente y la validación de -OT-PROMAC como un marco operativo pertinente para orientar la transición hacia un desarrollo costero sostenible. Se concluye que la viabilidad de esta metodología depende de la voluntad política, coordinación institucional y la adopción permanente de la planificación prospectiva y participativa dentro del territorio. OT-PROMAC puede ser replicable en otras ciudades costeras del Caribe colombiano.

Palabras clave: ordenamiento territorial, ciudades costeras, socio-ecosistemas, prospectiva, gobernanza adaptativa, Santa Marta, Colombia Referencias Bibliográficas Barragán, J. M., & Maldonado, J. (2019). Gestión integrada de zonas costeras en América Latina. Ocean & Coastal Management. Capra-Ribeiro, F. (2024). Rompiendo el ciclo de emergencia de la justicia espacial: El papel de la planificación prospectiva. Anales de Investigación en Arquitectura,14(1). <https: **Keywords:** /doi.org/10.18861/ania.2024.14.1.3784> Da Silva Pimentel, M. A., Fabian Claudio, S.; Pérez, M. O., Milanés B. C. (2021). Sustentabilidade dos meios de vida e vulnerabilidade socioambiental: estudos compartilhados entre Brasil e Cuba.

Acceso y accesibilidad costera en el archipiélago de Galápagos: Una evaluación comparativa en Tres Islas.

Autores: Demmy Jussey Mora Silva[1]*, Carlos Mestanza Ramón[1], Giorgio Anfuso[2], Celene Milanés Batista[3].* Demmy Jussey Mora Silva hará la presentación oral.

[1] Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, ESPOCH - Sede Orellana

[2] Universidad de Cádiz.

[3] Facultad de Ingeniería y BioRed Institute, Universidad del Magdalena. Modalidad de presentación: ORAL

Resumen:

Las playas constituyen uno de los principales activos turísticos del Archipiélago de Galápagos. Sin embargo, la sostenibilidad del turismo en estas islas, así como en otros territorios insulares, requiere garantizar condiciones adecuadas de acceso, accesibilidad universal, seguridad y ordenamiento del uso público. El presente estudio analiza las condiciones de acceso y accesibilidad en 20 playas de las islas Isabela, San Cristóbal y Santa Cruz en el Archipiélago de Galápagos. A partir de un cuestionario estructurado aplicado en campo, se evaluaron variables relacionadas con acceso físico, movilidad interna, infraestructura, señalización, salvavidas y zonificación. Los resultados evidencian una alta proporción de playas abiertas (90%), pero con limitaciones significativas en accesibilidad universal (89% sin infraestructura adaptada). Se identifican brechas en seguridad costera y equipamiento básico, lo que plantea desafíos para una gestión turística inclusiva y sostenible. Este estudio aporta evidencia empírica para fortalecer la planificación costera y la gestión integrada del litoral insular aportando un conjunto de soluciones alternativas que permiten mejorar los diferentes problemas encontrados en estos valiosos ecosistemas.

Palabras clave: accesibilidad costera, turismo sostenible, gestión de playas, Galápagos, infraestructura costera. Referencias Bibliográficas Fernández Alles, M. T., & Moral Moral, M. (2011). La accesibilidad en las playas como factor estratégico de calidad de la oferta turística. Universidad de Cádiz. González Velasco, et al. (2021). Assessing universal accessibility in Spanish beaches. Ocean & Coastal Management, 201, 105486. https:
Keywords: /doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105486 Marín, J. L., Martínez-Vázquez, R. M., & de Pablo Valenciano, J. (2022). Analysis and global research trends on nautical tourism and green coastal infrastructures: the case of coral reefs and seagrass meadows. Environmental Sciences Europe, 34(33).

Análisis de las políticas oceánicas de Colombia: tensiones, capitales y coaliciones (2000-2025) / COLOMBIA'S ocean policies analysis: tensions, capitals and coalitions (2000–2025)

Autores: Daniel Fernando Castro Álvarez [1]\, Alejandro Ramírez Orozco[2], Andrés F. Osorio[3].

[1]Estudiante de Ciencia política, Universidad Nacional de Colombia, CEMarin, Colombia.

[2]Ingeniero ambiental, candidato a MSc., Universidad Nacional de Colombia, CEMarin, Colombia.

[3]PhD. Ciencias y Tecnologías Marinas, Universidad Nacional de Colombia, CEMarin, Colombia.

\Daniel Fernando hará la presentación oral.

Resumen:

Colombia cuenta actualmente con tres instrumentos de política oceánica que son la Política Nacional Ambiental de los Océanos y las Zonas Costeras e Insulares (PNAOCI), la Política Nacional del Océano y de los Espacios Costeros (PNOEC) y el CONPES 3990 de 2020, los cuales que fueron formulados de manera independiente, con objetivos, enfoques y estructuras de gobernanza parcialmente superpuestos. Esta fragmentación y descoordinación ha generado problemáticas relacionadas con ineficiencias en la gestión del territorio marino-costero, duplicidad de esfuerzos, centralización de decisiones y desconexión entre el nivel nacional y local [1]. Esta investigación tiene como objetivo analizar las políticas oceánicas de Colombia a partir de las categorías de análisis del Marco de las Coaliciones Promotoras (ACF por sus siglas en inglés) [2] y del marco de Medios de Vida Sostenible (SLF por sus siglas en inglés) [3]. La estrategia metodológica combinó el ACF y el SLF bajo una perspectiva cualitativa, inductiva y diacrónico-secuencial. Desde el ACF se analizaron las políticas como arenas de interacción entre coaliciones de actores que comparten creencias, recursos y estrategias. Este marco permitió identificar las coaliciones dominantes, caracterizar sus sistemas de creencias, y evaluar los mecanismos de aprendizaje de política. De forma complementaria, el SLF se utilizó para representar por medio de un pentágono la distribución de los capitales natural, humano, social, físico y financiero entre actores agrupados en coaliciones [2] [3]. Los resultados del análisis evidencian el desarrollo de una tensión entre dos coaliciones con visiones divergentes del océano: una conservacionista, centrada en la naturaleza como bien común, y otra desarrollista, que prioriza la productividad, la seguridad geopolítica y el interés nacional. Por otro lado, existe un desplazamiento del poder discursivo, ya que mientras la coalición conservacionista lideró la PNAOCI, instrumentos posteriores como el CONPES 3990 reflejan la hegemonía desarrollista. La representación de esto se manifiesta en los pentágonos SLF los cuales sugieren que se han profundizado asimetrías en la distribución de recursos, concentrando los capitales físico, financiero y humano en

entidades del nivel central, mientras los capitales natural y social en los territorios permanecen con una capacidad de incidencia limitada. Como consecuencia, la gobernanza se ha tecnocratizado y centralizado, lo que podría debilitar la incidencia local y el reconocimiento de saberes tradicionales [4]. La evolución de la política oceánica en Colombia muestra una centralización ascendente, donde el enfoque ecosistémico original fue desplazado por la visión de "potencia bioceánica" [5]. Esta trayectoria relega a las comunidades a roles pasivos; no obstante, emergen proyectos de gobernanza subnacional que demuestran la viabilidad de modelos (como centros de pensamiento o procesos de diagnósticos de problemáticas ambientales) donde grupos tradicionalmente excluidos logran incidir en estrategias para los espacios marino-costeros. Se concluye que el futuro de la estabilidad del subsistema de políticas oceánicas de Colombia depende del reconocimiento recíproco de la institucionalidad hacia las comunidades costeras y de la descentralización de capitales, y este reconocimiento mutuo puede lograr una esfera pública marítima que permita consensos y aprendizajes que retroalimenten el subsistema.

Palabras clave: *Gobernanza oceánica; Marco de Coaliciones Promotoras; Marco de Medios de Vida Sostenible; Políticas públicas.*
Keywords: *Ocean governance; Advocacy Coalition Framework; Sustainable Livelihoods Framework; Public policies.*

Referencias:

[1] Milanés Batista, C, Sosa Tapia, Z y Díaz Rocca, L. (2020). Análisis de las políticas nacionales costeras de Colombia en el contexto de la gobernanza. Corporación Universidad de la Costa. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11323/7096> [2] Sabatier, P. A., & Jenkins-Smith, H. C. (1993). Policy change and learning: An advocacy coalition approach. Disponible en: <https://searchworks.stanford.edu/view/2756921> [3] DFID. (1999). Hojas orientativas sobre los medios de vida sostenibles. Disponible en: <https://www.livelihoodscentre.org/documents/114097690/114438878/Sus_livelihoods_guidance_sheets_es.pdf/aabbf495-795b-239b-7201-b0ca663101e5?t=1569512038420> [4] Avila-Ortega, Y., Posada Vanegas, G., Vega Serratos, B.E. (2024). Diagnóstico Preliminar del Manejo Costero Integrado en Colombia. JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático Vol esp (1): 141-150. Disponible en: <https://jainaccc.uacam.mx/jainaccc/article/view/31> [5] Zuluaga Ramos, C. N. (2022). Relevancia de Colombia en el Pacífico: análisis de la política de ser potencia bioceánica sostenible para el año 2030. Revista de Relaciones Internacionales, Estrategia y Seguridad, 17(2), 35-53. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-30632022000200035>

Análisis del Vietcong y la guerra informacional: Estrategia de contrainformación frente al ELN

Autores: Felipe Andrés Cadena Durán[1], Juan Sebastián Sánchez Cárdenas[1]\, Jorge Alfonso García Torres[2]

1. Escuela Naval de Cadetes "Almirante Padilla", Cartagena, Bolívar. Facultad de Ciencias Navales. Felipe.cadena@armada.mil.co, juan.sanchez.arc@gmail.com

2. Armada de Colombia, ARC "Victoria". Jorge.garcia.to@armada.mil.co \Juan Sebastián Sánchez Cárdenas (Ponente Oral)

Resumen:

La información se ha consolidado como una dimensión estructural de los conflictos contemporáneos, donde la legitimidad se disputa con igual intensidad que el territorio. En escenarios de guerra no convencional, actores insurgentes priorizan la construcción simbólica y la hegemonía discursiva como centro de gravedad estratégico (Galula, 1964). El caso paradigmático es el Vietcong (1955–1975), cuya arquitectura narrativa le permitió erosionar la voluntad política de su adversario (Tanham, 2006). En Colombia, el Ejército de Liberación Nacional (ELN) ha adaptado estos principios al entorno híbrido y digital, articulando propaganda política, pedagogía ideológica y segmentación multicanal para disputar legitimidad estatal (Villalba et al., 2022). Ante este escenario, surge la necesidad de evaluar si las Fuerzas Militares cuentan con capacidades doctrinales y operacionales suficientes para contrarrestar dicha amenaza informacional. El objetivo general de esta investigación fue analizar la estructura de la guerra informacional del Vietcong y su adaptación por el ELN para diseñar una estrategia preliminar de contrainformación. A través de objetivos específicos se logró identificar los componentes clave de la estrategia informacional del Vietcong, examinar comparativamente la arquitectura comunicacional del ELN y formular una estrategia preliminar sustentada en evidencia empírica y alineada con el marco jurídico colombiano, particularmente la Ley 1621 de 2013 (Congreso de la República, 2013). La investigación adoptó un enfoque mixto con diseño secuencial explicativo. En la fase cualitativa se realizó un análisis documental comparativo de fuentes primarias y secundarias del Vietcong y del ELN, codificando cinco categorías: narrativa ideológica, canales de divulgación, metas psicológicas, construcción simbólica y segmentación de audiencias. En la fase cuantitativa se aplicó una encuesta estructurada a 102 Oficiales Superiores de la Escuela Superior de Guerra, seleccionados mediante muestreo probabilístico aleatorio simple (Otzen & Manterola, 2017). El instrumento incluyó escalas tipo Likert y permitió construir un modelo aditivo de riesgo inspirado en marcos de análisis de guerra informacional (Joyner & Lotrionte, 2001). Los hallazgos confirman similitudes sustanciales en la estructura simbólica e inserción social de ambos grupos. Paralelamente, el diagnóstico cuantitativo aisló seis factores de vulnerabilidad crítica,

destacando brechas en doctrina (83,3%) y entrenamiento (85,3%) que proyectan un riesgo de pérdida de legitimidad del 63%. Por tanto, se concluye que la implementación de la estrategia preliminar propuesta es imperativa. Estructurada en cuatro pilares, legalidad y legitimidad discursiva, impacto social, dominio del entorno informativo y protección del vínculo comunitario y alineada con la Ley 1621 de 2013, fortalecerá las capacidades informacionales de las Fuerzas Militares para contrarrestar el dominio simbólico del ELN y asegurar la gobernabilidad territorial. El estudio demuestra que la disputa por la legitimidad constituye el eje estratégico del conflicto contemporáneo. El ELN ha replicado con éxito patrones doctrinales del Vietcong, adaptándolos al ecosistema digital y territorial colombiano. El hallazgo central concluye un riesgo estimado del 63% de pérdida de legitimidad donde se ratifica la urgencia de institucionalizar una estrategia de contrainformación basada en cuatro pilares: legalidad discursiva, fortalecimiento de capacidades, dominio del entorno informativo y reconstrucción del vínculo comunitario. La comunicación debe ser concebida como dimensión operacional autónoma y no como función secundaria. Fortalecer doctrina, entrenamiento y articulación territorial se presenta como condición indispensable para preservar la gobernabilidad democrática frente a amenazas insurgentes híbridas.

Palabras clave: Contrainformación, ELN, Legitimidad, Propaganda, Vietcong.
Keywords: Counterinformation, ELN, Legitimacy, Advertisement, Vietcong.

Referencias:

Galula, D. (1964). *Counterinsurgency warfare: Theory and practice*. Praeger Security International. Tanham, G. K. (2006). *Communist revolutionary warfare: From the Vietminh to the Vietcong*. Praeger Security International. Villalba, L. F., Coronado, F., & Sierra, W. A. (2022). La guerra irrestricta como estrategia del ELN en Colombia. *Revista Científica General José María Córdova, 20*(40), 779–797. <https://doi.org/10.21830/19006586.1043> Congreso de la República. (2013). *Ley 1621 de 2013*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=52706> Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *International Journal of Morphology, 35*(1), 227–232. Joyner, C., & Lotrionte, C. (2001). Information warfare as international coercion: Elements of a legal framework. *European Journal of International Law, 12*(5), 825–865. NATO Strategic Communications Centre of Excellence. (2020). *Annual report 2020*. <https://stratcomcoe.org/uploads/Gada%20Parskati/Annual_report_2020_audited_upd_8.pdf> Haggman, B. (1976). Guerra psicológica y propaganda comunista en Vietnam. *CESEDEN*.

Aportes de Colombia al protocolo ERFEN: fortalecimiento de la vigilancia climática y consolidación de la plataforma VIOC en el Pacífico Sudeste / COLOMBIA'S contributions to the erfen protocol: strengthening climate monitoring and consolidating the vioc platform in the southeast pacific

Autores: *CF Gómez-Sierra, Jonathan Fabrizio[1]; MSc. Bermúdez-Rivas, Christian[1]; Quijano-Ferrin, Joao Camilo[1]; MSc. Vásquez-López, Laura Marcela[1]; Hurtado-Martinez, Jose Harvey[1]; Ortiz-Quiñonez, John [1]; Ruiz Murillo, Keiner Jose[1]

1 Centro de Investigaciones Oceanográficas del Pacífico (CCCP), Dirección General Marítima, Colombia.

Resumen:

La vigilancia integrada del El Niño–Oscilación del Sur (ENOS) en el Pacífico Sudeste se apoya en los acuerdos intergubernamentales de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) y en el Protocolo para el Programa del Estudio Regional del Fenómeno El Niño (ERFEN), que estandarizan métodos, aseguran la interoperabilidad de datos y coordinan la cooperación científica de Colombia, Ecuador, Perú y Chile para mejorar el soporte a las decisiones públicas y la gestión del riesgo costero (CPPS, 1992); en ese marco, Colombia, a través de la Dirección General Marítima (DIMAR) y su Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (CCCP), consolida un rol operativo y técnico en observación, análisis y articulación regional. La participación de Colombia en los Cruceros Regionales Conjuntos ERFEN ha permitido sostener campañas con más de 360 estaciones distribuidas entre los Estados Miembro para caracterizar variables físico-químicas y biológicas (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, nutrientes, clorofila, productividad) y condiciones atmosféricas, lo que nutre diagnósticos binacionales y regionales sobre la evolución del ENOS y sus impactos en infraestructura, seguridad alimentaria y ecosistemas. Como resultado del esfuerzo y capacidades técnico – científico, el CCCP ha desarrollado una nueva plataforma digital denominada Vigilancia Integrada de las Oscilaciones Climáticas (VIOC). Esta herramienta busca concentrar y difundir datos oceanográficos, atmosféricos y climáticos recolectados por la institución, con el fin de fortalecer las capacidades de gestión ambiental y reducción del riesgo en contextos locales. La plataforma integra múltiples fuentes de información: estaciones *in situ*, productos satelitales, bases de datos globales y análisis propios del CCCP, organizados en módulos temáticos y mapas interactivos. El desarrollo metodológico parte de un enfoque de ciencia abierta y vigilancia climática operativa, permitiendo el acceso libre a series temporales, mapas mensuales, análisis de eventos extremos, y seguimiento a los principales índices ENOS. Además, la herramienta incorpora funcionalidades de visualización y descarga de datos con interfaces interactivas que promueven su uso por parte de tomadores de decisión, comunidades, académicos y actores institucionales del litoral Pacífico. Los resultados preliminares muestran el potencial de la plataforma para generar alertas, respaldar

investigaciones y apoyar la planeación territorial basada en evidencia climática. Esta iniciativa representa un avance significativo en la articulación entre ciencia, tecnología y gestión pública frente al riesgo climático, alineándose con los objetivos de adaptación regional. Se concluye que herramientas como VIOC permiten una mejor comprensión de la variabilidad climática y fomentan la construcción de territorios resilientes frente a las amenazas asociadas al ENOS.

Palabras clave: ENOS, CPPS, Protocolo ERFEN, vigilancia climática, Pacífico colombiano, VIOC.
Keywords: ENOS, CPPS, ERFEN Protocol, climate monitoring, Colombian Pacific, VIOC.

Referencias:

CPPS. (1992). *Protocolo sobre el Programa para el Estudio Regional del Fenómeno El Niño en el Pacífico Sudeste (ERFEN)*. https://archivo.cpps-int.org/index.php/s/7xL3nNjuj6rg1r5

1. [↑](#footnote-ref-1)

La autoridad marítima colombiana y la infraestructura de datos espaciales marítima, fluvial y costera (IDE-MFC)

Autor: Profesional de Defensa Juan Sebastián González Romero

Resumen:

La ponencia "La Autoridad Marítima Colombiana y la Infraestructura de Datos Espaciales Marítima, Fluvial y Costera (IDE-MFC)" tiene como propósito principal socializar con la comunidad marítima, científica y académica las capacidades, avances y proyecciones de la Dirección General Marítima (Dimar) en la gestión integral de la información geoespacial asociada a los espacios marítimos, fluviales y costeros de Colombia. En un contexto donde el territorio marítimo representa cerca del 45 % del territorio nacional y donde las dinámicas costeras y oceánicas juegan un papel estratégico para el desarrollo del país, la información geográfica confiable y accesible se convierte en un insumo fundamental para la toma de decisiones.

Durante la presentación se introduce el rol de Dimar como Autoridad Marítima Colombiana y sus principales funciones en materia de seguridad de la navegación, control del tráfico marítimo, señalización marítima, protección del medio marino, transporte marítimo, investigación científica y ordenamiento de litorales y áreas marinas. Estas responsabilidades, de alcance nacional e internacional, demandan una infraestructura robusta que permita capturar, administrar, analizar y divulgar datos espaciales de manera eficiente e interoperable. En este marco, la Infraestructura de Datos Espaciales Marítima, Fluvial y Costera se presenta como un conjunto articulado de tecnologías, normas, estándares y procesos institucionales que facilitan la disponibilidad, el acceso y el uso de los datos geoespaciales generados por Dimar y otras entidades relacionadas. La ponencia aborda el sustento normativo de la IDE-MFC, destacando los lineamientos establecidos en el documento CONPES 3990 "Colombia Potencia Bioceánica Sostenible 2030", leyes y normas de transparencia y acceso a los datos, que consolidan a Dimar como entidad líder en la gestión de la información geográficamente en el ámbito marítimo y costero. Asimismo, se expone la evolución de la infraestructura tecnológica y de las bases de datos geográficas, resaltando la adopción de estándares internacionales como normas de la Organización Internacional de Normalización (ISO), Normas Técnicas Colombianas (NTC) y estándares del Consorcio Geoespacial Abierto (OGC), la implementación de buenas prácticas en metadatos, calidad de datos y especificaciones técnicas, así como el fortalecimiento de la interoperabilidad con la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE). Estos avances han permitido optimizar los procesos internos y mejorar el relacionamiento con la comunidad a través de servicios geográficos modernos, eficientes y abiertos. Un componente central de la ponencia es la divulgación del nuevo portal web de la IDE-MFC, los cuales facilitan el descubrimiento, consulta y descarga de datos abiertos y geoaplicaciones. Las cifras de uso evidencian un creciente interés por parte de usuarios

académicos, investigadores y ciudadanos, lo que refleja el impacto positivo de estas herramientas en la democratización de la información. Finalmente, se presentan algunos proyectos en desarrollo que integran nuevas tecnologías como inteligencia artificial, sistemas de aeronaves no tripuladas y modelos de objetos territoriales, orientados a fortalecer la planificación operativa, el monitoreo ambiental y el ordenamiento del territorio. La ponencia concluye invitando a la comunidad a conocer, utilizar y aprovechar los recursos disponibles, reafirmando el compromiso de Dimar con la consolidación de Colombia como un país marítimo, sustentado en el conocimiento y la gestión eficiente de la información geoespacial.

Palabras clave: Español: Infraestructura de Datos Espaciales; Información geoespacial; Dimar; Autoridad marítima; Datos abiertos; Gestión marino costera Inglés: Spatial Data Infrastructure; Geospatial information; Dimar; Maritime authority; Open data; Marine and coastal management

Ambigüedad regulatoria y pesca ilegal en la Isla de Malpelo: desafíos para la conservación del tiburón martillo en el Pacífico Colombiano

Autores: Diego Andrés Villate-Daza [1-2]*, Alberto Buelvas Susa[3], Jean Rogelio Linero-Cueto[4], Juan José Muñoz-Perez[2], Andrés Fernando Orejarena Rondon[5], Yeris del Carmen Marroquín Rodriguez[6], Hernando José Bolivar-Anillo[7], Rosa Molina Gil [2], Giorgio Anfuso[2], Bismarck Jigena-Antelo[2]

1. Escuela Naval de Suboficiales "ARC Barranquilla", Grupo de Investigación Marina, Ambiental y Costera TRITÓN, Barranquilla, Colombia.

2. Universidad de Cádiz, CASEM (Centro Andaluz Superior de Estudios Marinos), Campus de Puerto Real, Av. República Saharaui s/n, 11510, Puerto Real (Cádiz), España.

3. Universidad de Manizales, Maestría en Desarrollo Sostenible, Cra. 9ª # 19-03, Manizales, Colombia.

4. Universidad del Magdalena, Facultad de Ingeniería, Calle 29H[3] No. 22–01, Santa Marta, Colombia.

5. Escuela Naval de Cadetes "ARC Almirante Padilla", Cartagena, Colombia.

6. Grupo de Investigación en Administración y Gestión de Operaciones Logísticas, Marítimas y Portuarias, Universidad de La Guajira, La Guajira, Colombia.

7. Facultad de Ciencias Básicas y Biomédicas, Centro de Investigaciones e Innovación en Cambio Climático y Biodiversidad ADAPTIA, Universidad Simón Bolívar, Barranquilla, Colombia.

Resumen:

La ambigüedad regulatoria en contextos de conservación marina emerge como un factor crítico que puede debilitar la efectividad de las políticas frente a la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada (INDNR), particularmente en sistemas caracterizados por alta conectividad ecológica y presiones transfronterizas. Este estudio analiza cómo las interacciones entre marcos normativos, dinámicas pesqueras y factores socioeconómicos influyen en la conservación del tiburón martillo (Sphyrna lewini) en el Santuario de Fauna y Flora de Malpelo, en el Pacífico Oriental Tropical. El objetivo fue identificar los principales impulsores de la pesca ilegal y evaluar el papel de la gobernanza en la efectividad de las áreas marinas protegidas. Para ello, se integraron series temporales de capturas y esfuerzo pesquero (1975–2017), una revisión sistemática de literatura, encuestas a actores clave (pescadores artesanales, autoridades marítimas y expertos), y un análisis estructural prospectivo mediante el método MICMAC. Los resultados muestran una relación positiva y significativa entre el esfuerzo pesquero y las capturas de tiburones a escala regional, evidenciando que la expansión de flotas industriales y el aumento del esfuerzo artesanal han intensificado

la presión sobre la especie. El análisis estructural identificó variables altamente interdependientes, incluyendo la pesca industrial y artesanal, la demanda internacional, los marcos regulatorios y la voluntad política, como factores determinantes en la dinámica del sistema. Asimismo, se evidencian brechas en el conocimiento y percepciones de los pescadores, junto con frecuentes interacciones con flotas extranjeras, lo que refuerza el carácter transfronterizo del problema. La discusión sugiere que la coexistencia de prohibiciones estrictas con excepciones para capturas incidentales genera ambigüedad operativa, dificultando la aplicación efectiva de las normas y favoreciendo la subdeclaración. En este contexto, la efectividad de Malpelo como área protegida depende no solo de su designación legal, sino de la coherencia regulatoria, la capacidad de monitoreo y la cooperación regional. Se concluye que la conservación de S. lewini requiere fortalecer la gobernanza multinivel, mejorar la trazabilidad de las capturas, reducir la dependencia socioeconómica de la pesca artesanal y avanzar hacia esquemas de gestión regional coordinados en el Pacífico Oriental Tropical.

Palabras clave: Pesca ilegal, Gobernanza marina, Tiburón martillo, Áreas marinas protegidas, Pacífico oriental Illegal fishing, Marine governance, Scalloped hammerhead, Marine protected areas, Eastern Tropical Pacific

Big five en Ecuador: un enfoque innovador para una ola de cambio en las estrategias de turismo costero desde el proyecto fivewaves

Autores: Renata Alejandra Alvarado Barba[1]*, Carlos Mestanza Ramón[1], Greys Carolina Herrera Morales[1], Pedro Andrés Peñafiel Arcos[1], Jenevith Alexandra Cuadrado[1], Geovanny Euclides Silva Peñafiel[1], Mariana Moposita Lasso[1], Giorgio Anfuso[2], Alexis Mooser[2].

[1]Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Orellana, Ecuador.

[2]Universidad de Cádiz, España. Modalidad de presentación: POSTER

Resumen:

Las zonas costeras constituyen sistemas socioecológicos de alto valor económico, ambiental y turístico, especialmente en Ecuador, donde el turismo de sol y playa representa uno de los principales motores de desarrollo, aunque enfrenta desafíos asociados a la degradación ambiental, la presión antrópica y limitaciones en la gestión integral de destinos. En este contexto, el proyecto FIVEWAVES plantea un enfoque innovador que integra las preferencias de los usuarios con criterios de sostenibilidad ambiental, superando modelos tradicionales centrados únicamente en infraestructura o certificaciones. El objetivo de la investigación es desarrollar una estrategia de gestión costera basada en los cinco parámetros clave valorados por los usuarios de playas ("Big Five": seguridad de baño, servicios, calidad del agua, ausencia de residuos sólidos y calidad del paisaje), mediante la adaptación del sistema semicuantitativo BARE al contexto de la costa continental ecuatoriana. La metodología se está implementando en 50 sitios representativos distribuidos en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Guayas y El Oro, considerando diferentes tipologías de playa (urbanas, periurbanas, rurales, remotas y de resort). El proceso metodológico incluye recolección de información, evaluación in situ de los parámetros Big Five en escala A–D y una clasificación integrada en una escala de 1 a 5 estrellas. De manera preliminar, se identifican diferencias entre tipologías de playa, donde las zonas urbanas tienden a presentar mayores niveles de servicios y accesibilidad, mientras que las playas rurales y remotas destacan por su calidad paisajística y menor presencia de residuos, aunque con limitaciones en seguridad y gestión. Asimismo, se evidencian problemáticas recurrentes como la deficiente gestión de residuos sólidos, el limitado monitoreo de la calidad del agua y la falta de herramientas integrales de evaluación, aspectos que inciden en la calidad de la experiencia turística y en la sostenibilidad de los ecosistemas costeros. Estos avances permiten discutir la necesidad de adoptar enfoques diferenciados de gestión según la tipología de playa, evitando estrategias homogéneas y priorizando intervenciones específicas basadas en evidencia científica y percepción del usuario. Se espera que la integración del enfoque Big Five con la metodología BARE genere una herramienta flexible, replicable y adaptada al contexto nacional, que facilite la toma de

decisiones por parte de gestores y autoridades locales. El proyecto busca mejorar la calidad de los destinos turísticos costeros, fortalecer la conservación de los ecosistemas y promover un turismo sostenible alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, constituyéndose en una propuesta innovadora para la gestión costera en Ecuador. Se concluye que FIVEWAVES llena un vacío en la evaluación integral de playas, al generar información científica que respalda la toma de decisiones y la formulación de políticas públicas, promoviendo un equilibrio entre la satisfacción del usuario y la conservación de los ecosistemas del litoral ecuatoriano.

Palabras clave: Gestión costera, Turismo sostenible, Big Five, Sostenibilidad, Ecuador. Referencias Bibliográficas Asensio-Montesinos, F.; Molina-Gil, R.; Bolívar-Anillo, H. J.; Botero, C. M.; Pranzini, E.; Anfuso, G. (2019). Las preferencias de los usuarios en la elección de una playa: los “Big Five” y su alcance en la gestión costera. En: Milanés Batista, C (ed.) Estudios de caso sobre manejo integrado de zonas costeras en Iberoamérica: gestión, riesgo y buenas prácticas. Educosta, Barranquilla, Colombia, pp. 380 – 406. Ergin, A. (2019). Coastal Scenery Assessment by Means of a Fuzzy Logic Approach. In Coastal Scenery: Evaluation and Management; Rangel-Buitrago, N., Ed.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, pp. 67–106. Mestanza-Ramón, C., Anfuso, G., Chica-Ruiz, J. A., Mooser, A., Botero, C. M.; Pranzini, E. (2020). Coastal Scenic Evaluation of Continental Ecuador and Galapagos Islands: Human Impacts and Management Issues. Journal of Marine Science and Engineering, 8(6), 468. https: **Keywords:** /doi.org/10.3390/jmse8060468 Ministerio de Turismo (2022b). Plan Sectorial de Turismo 2021-2025. Accesible en línea: https://www.turismo.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/09/PLAN-SECTORIAL- DE-TURISMO-11-8-2022_compressed.pdf Williams, A.T.; Micallef, A. (2009). Beach Management: Principles and Practice, 1st ed.; Earthscan: London, UK, p. 480.

Caracterización socio-territorial participativa sobre la reconversión laboral en Bahía Gairaca: nuevas realidades para pescadores artesanales en el Parque Tayrona/ Preliminary participatory socio-territorial characterization about labor reconversion in Bahia Gairaca: new realities for artisanal fishers in Parque Nacional Natural Tayrona

Autores: Cleimar Cayón-Charris[1], Rocio del Pilar Tijaro-Rojas[2], Juandavid Iriarte-Tapia[3, 4], Joaquín Pomares-Blaise[4], Vianys Agudelo-Martínez[4], Jorge Beleño-Crespo[5], Gloria Florián-Martinez[6].

*Juandavid Iriarte-Tapia hará la presentación poster.

[1]Asociación de Prestadores de Servicios de Playa Gairaca.

[2]Grupo de Investigación en Sistemas Socioecológicos para el Bienestar Humana.

[3]Semillero ANFIBIO, Facultad de Ingeniería, Universidad del Magdalena.

[4]Programa de Ingeniería Pesquera, Facultad de Ingeniería, Universidad del Magdalena.

[5]Programa de Antropología, Facultad de Humanidades, Universidad del Magdalena.

[6]Centro de Interculturalidad, Territorio y Sostenibilidad, Universidad del Magdalena.

Resumen:

La comunidad de pescadores artesanales de Bahía Gairaca, ubicada dentro del Parque Nacional Natural Tayrona, atraviesa un proceso de reconversión laboral marcado por la institución del área marina protegida y limitaciones en el ejercicio de la pesca comercial ratificadas en la sentencia T-606 de la Corte Constitucional. Este fenómeno significa una reconversión laboral en torno al turismo de naturaleza lo que redefine la relación de la comunidad pesquera con el maritorio. En vista de este escenario, surge la necesidad de comprender la nueva realidad experimentada por la comunidad desde lo social, económico y cultural identificando los retos enfrentados para fortalecer los procesos de gobernanza. Esta investigación tiene como objetivo realizar una caracterización socio-territorial participativa preliminar que documente los cambios vividos, por los pescadores en Bahía Gairaca, durante la transición de la pesca artesanal a la prestación de servicios turísticos. El estudio se realizó bajo un enfoque cualitativo, empleando entrevistas semiestructuradas y talleres colectivos junto con líderes comunitarios y familias vinculadas permanentemente a la actividad pesquera en la zona. Esta caracterización permitió visibilizar procesos de resiliencia comunitarios que incluyen la resignificación del pescador como “guardián marino” y la preservación de su memoria histórica. La caracterización socio-territorial participativa no solo aporta a la comprensión de las dinámicas de reconversión laboral sino que también fortalece procesos de

gobernanza como un modelo escalable para diferentes comunidades del Caribe colombiano. Reconversión Laboral, Bahía Gairaca, Sentencia T-606, Turismo de Naturaleza, Caracterización Socio-Territorial / Labor Reconversion, Bahia Gairaca, Judgment T-606, Nature based Tourism, Participatory Socio-Territorial Characterization.

Cartografía para la planificación espacial marina en el litoral del San Juan, Pacífico Colombiano / Cartography for marine spatial planning in the litoral del San juan, Colombian Pacific

Autores: María Paula Hernández[1],[2]*, Nicol Dayana Garzón[1],[2], Manuel Camilo Velandia[1]

[1] Fundación MarViva

[2] Universidad Nacional de Colombia (María Paula Hernández hará la presentación oral)

Resumen:

El Litoral del San Juan, ubicado en el departamento del Chocó, constituye uno de los ecosistemas marino-costeros con mayor biodiversidad y complejidad sociocultural del Pacífico colombiano. También, alberga uno de los sistemas de deltas más extensos y diversos del Pacífico sudamericano, así como comunidades afrocolombianas e indígenas cuyas economías dependen de la pesca artesanal y los recursos del mar. Sin embargo, la confluencia de los múltiples usos del espacio marino, la presencia de conflictos territoriales, el deterioro de los ecosistemas y la ausencia de instrumentos de planificación hacen que el Litoral presente grandes desafíos para su sostenibilidad. La cartografía responde a la necesidad humana de saber dónde y cómo representar gráficamente el mundo que le rodea; este enfoque ha adquirido mayor relevancia a lo largo de los años para la navegación, la seguridad marítima y los estudios ambientales (Almazán Gárate y Palomino Monzón, 2009). La cartografía no solo se vuelve un soporte visual, sino que además una herramienta que permite realizar análisis espaciales y fundamentar la toma de decisiones. En este marco, la Fundación MarViva ha impulsado el proceso de la Planificación Espacial Marina (PEM) en el Litoral del San Juan, donde el punto de partida ha sido la consolidación de una base cartográfica que permita comprender el territorio. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es analizar cómo la cartografía integra y representa las dinámicas sociales, económicas, ecológicas y culturales, haciendo visibles los usos existentes, identificando conflictos y orientando la proyección de escenarios de ordenamiento para una gobernanza y un uso sostenible del espacio marino-costero. Siguiendo la metodología propuesta por MarViva (2021), se avanzó en la construcción de una base cartográfica que integra información sobre los sistemas del Litoral: geología, geomorfología, clima, zonas de inundación y erosión, estuarios, fondos marinos, ecosistemas costeros y territorios de comunidades locales, permitiendo representar de forma conjunta tanto el espacio marino como el terrestre, tal como lo viven las comunidades que lo habitan. La PEM en el Litoral del San Juan se fundamenta en un enfoque mixto que integra métodos cualitativos y cuantitativos para el análisis de la información recolectada, permitiendo estructurar una base espacial completa para la toma de decisiones. Los resultados muestran que la representación espacial del Litoral, a través de la cartografía, trasciende el simple registro de sus elementos físicos, al permitir reconocer como

este espacio ha sido habitado, usado y transformado por las comunidades, reconociendo las particularidades de cada unidad geográfica y las dinámicas socioculturales y económicas que configuran su complejidad. En este sentido, el mapa no solo registra lo que existe, sino que también hace visibles saberes que muchas veces permanecen fuera de los instrumentos institucionales, pues como explica Satizábal y Batterbury (2019), los conocimientos territoriales de las comunidades afrodescendientes e indígenas sobre el mar han sido históricamente invisibilizados por marcos que conciben este espacio como vacío de personas. Cartografiar el Litoral del San Juan integrando el conocimiento comunitario es, en este sentido, un acto de reconocimiento que articula las dinámicas territoriales locales con los procesos de planificación.

Palabras clave: cartografía, Planificación Espacial Marina, Litoral del San Juan, gobernanza marino-costera, ordenamiento territorial.
Keywords: cartography, Marine Spatial Planning, Litoral del San Juan, marine-coastal governance, territorial planning

Referencias:

Almazán Gárate, J. L. y Palomino Monzón, M. C. (2009). La Cartografía Marina y los Sistemas de Información Geográfica. En Jornadas Internacionales de Didáctica de las Matemáticas en Ingeniería (pp. 229-240). Universidad Politécnica de Madrid. MarViva. (2021). Planificación Espacial Marina: conceptos, principios y guía metodológica. Díaz Merlano, J. M. y Jiménez Ramón, J. A. (Eds.). Fundación MarViva. Satizábal, P., & Batterbury, S. P. (2019). Geografías fluidas: territorialización marina y el escalamiento de epistemologías acuáticas locales en la costa Pacífica de Colombia. Tabula Rasa, (31), 289-323. <https://doi.org/10.25058/20112742.n31.12>

Hacia un atlas del delta del Río San Juan: una construcción colectiva en el Pacífico Colombiano / Towards an atlas of the San Juan river delta: a collective construction in the Colombian Pacific

Autores: Nicol Dayana Garzón[1],[2], María Paula Hernández[1,2], Manuel Camilo Velandia[1]

[1] Fundación MarViva

[2] Universidad Nacional de Colombia *(*Nicol Dayana Garzón hará la presentación del póster)

Resumen:

El Delta del río San Juan, ubicado en el Pacífico colombiano, es uno de los ecosistemas marino- costeros más dinámicos y diversos de la región; razón por la que fue declarado sitio RAMSAR según el Decreto 1667 (2002), reconocimiento internacional que evidencia su importancia vital como humedal para la conservación dadas sus características ambientales. Este territorio es hogar ancestral de comunidades afrodescendientes agrupadas por el Consejo Comunitario ACADESAN y el pueblo indígena Wounaan, quienes han habitado y custodiado este delta por generaciones. A pesar de su riqueza natural y cultural, sigue siendo uno de los territorios menos documentados del país, lo que subraya la necesidad de visualizar, estudiar y analizar este espacio estratégico del Pacífico. Históricamente, los atlas geográficos han figurado entre los recursos culturales más efectivos para adquirir y difundir conocimiento sobre el espacio, incidiendo en la imaginación geográfica de la sociedad al fortalecer el sentido de pertenencia e identidad de las comunidades (Hernando, 2016). En este sentido, el objetivo de este trabajo es representar el proceso de construcción del Atlas Marino-Costero del Delta del río San Juan, Chocó, Colombia; un libro que no solo documenta los ecosistemas y la cartografía, sino que recoge la historia, la memoria, la pesca y la identidad de quienes lo habitan. Su construcción en sí misma es un proceso colectivo, con la participación de ACADESAN, los Wounaan, CODECHOCÓ y organizaciones como WCS, WWF y el Instituto Humboldt. La publicación se organiza en doce capítulos que recorren el contexto ambiental del delta, su biodiversidad, la historia del poblamiento afrodescendiente e indígena, la pesca artesanal, las artesanías, los cambios ambientales que lo amenazan y la problemática del plástico marino; a través de una metodología basada en la recopilación, análisis y síntesis de fuentes primarias y secundarias. Este atlas integra diversas fuentes de información para capturar la complejidad del entorno marino-costero, ymediante el uso de mapas, textos e imágenes, el proyecto permite la convergencia de saberes y experiencias que, al unirse, dotan de

Resumen: un nuevo significado y sentido al territorio. Más que una síntesis biofísica, el Atlas del Delta del Río San Juan busca visibilizar la riqueza de los ecosistemas y las dinámicas socioculturales del territorio. Al representar las formas de ocupación y las interacciones de las comunidades locales, este producto se

consolida como una herramienta estratégica para la divulgación, la planificación y la toma de decisiones. En última instancia, construir este atlas con y para el territorio es un acto de reconocimiento que fortalece la identidad local y pone el conocimiento al servicio de quienes habitan y custodian este litoral del Pacífico. Este poster busca mostrar avances del contenido temático y cartográfico de esta publicación en construcción, y dar visibilidad a los procesos de construcción conjunta de saberes en territorios marino-costeros del país, como recursos relevantes para la gestión y toma de decisiones.

Palabras clave: cartografía, humedales, identidad cultural, participación comunitaria, territorio biodiverso.
Keywords: cartography, wetlands, cultural identity, community participation, biodiverse territory.

Referencias:

Hernando, A. (2016). Génesis de una tradición geográfica: Los atlas publicados por Tomás López (1730-1802). Scripta Nova, 19(534), 2-48. Presidencia de la República de Colombia. (2002, 6 de agosto). Decreto 1667 de 2002, por el cual se designan unos humedales para ser incluidos en la lista de Humedales de Importancia Internacional, en cumplimiento de lo dispuesto en la Ley 357 de 1997. Diario Oficial No. 44.892

Centro de pensamiento en medios de vida sostenible de comunidades-marino-costeras: investigación, reflexión y política pública / Think tank on sustainable livelihoods of marine-coastal communities: research, reflection and public policy

Autores: Alejandro Ramírez Orozco[1]\, Daniel F. Castro Álvarez[2], Natalia Zapata Delgado[3], Andrés F. Osorio[4].

[1]Ingeniero ambiental, candidato a MSc., Universidad Nacional de Colombia, CEMarin, Colombia.
[2]Estudiante de Ciencia política, Universidad Nacional de Colombia, CEMarin, Colombia.

[3]MEng. Ingeniería de los Recursos Hidráulicos, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

[4]PhD. Ciencias y Tecnologías Marinas, Universidad Nacional de Colombia, CEMarin Colombia. (\Alejandro Ramírez hará la presentación oral).

Resumen:

Las comunidades marino-costeras de Colombia enfrentan una crisis multidimensional derivada de la degradación ambiental, la vulnerabilidad socioeconómica y la fragmentación institucional en la gestión del litoral. Procesos como la sobreexplotación pesquera, el turismo masivo, la contaminación, la erosión costera y los efectos del cambio climático están deteriorando ecosistemas estratégicos y comprometiendo los medios de vida de poblaciones que dependen directamente de los recursos marinos [1], [2], [3]. A ello se suman brechas estructurales en acceso a servicios básicos, exclusión de los procesos de toma de decisiones y limitadas oportunidades económicas, lo que reduce la resiliencia territorial frente a los cambios ambientales y sociales [2], [4]. En este contexto, las respuestas institucionales han tendido a ser sectoriales y fragmentadas, sin integrar adecuadamente las dimensiones ecológica, social y económica del desarrollo costero [5]. Frente a este panorama, se creó el Centro de Pensamiento en Medios de Vida Sostenible de Comunidades Marino-Costeras, una iniciativa académica orientada a articular conocimiento científico y políticas públicas para promover estrategias de sostenibilidad territorial. El centro busca consolidarse como una plataforma de diálogo, reflexión y generación de conocimiento aplicada a los desafíos del desarrollo marino-costero en Colombia. Su enfoque reconoce que la sostenibilidad ambiental debe integrarse con la equidad social y la viabilidad económica, promoviendo soluciones interdisciplinarias y participativas que fortalezcan la resiliencia de las comunidades costeras. La metodología del centro se estructura en tres líneas de acción complementarias. La primera es la articulación académica, que promueve la colaboración entre sedes, facultades y grupos de investigación de la Universidad Nacional de Colombia, integrando estudiantes y docentes en procesos de análisis de políticas públicas y planificación territorial. La segunda línea corresponde a la estrategia de comunicación y visibilidad, orientada a posicionar el conocimiento generado mediante productos académicos, contenidos digitales e informes

que conecten las funciones de docencia, investigación y extensión. La tercera línea se centra en la interacción multisectorial, facilitando espacios de diálogo entre academia, Estado, sector privado y sociedad civil con el propósito de formular propuestas de sostenibilidad e incidir en la gobernanza de las zonas marino-costeras. Durante su fase inicial, el centro logró avances relevantes en formación, generación de conocimiento e incidencia en política pública. Destaca su integración al curso universitario Cátedra del Mar de la UNAL-MED, donde estudiantes realizaron análisis aplicados de planes de desarrollo y etnodesarrollo en territorios costeros, produciendo documentos analíticos y materiales audiovisuales que conectan la investigación universitaria con las realidades territoriales. Asimismo, se elaboró una propuesta de recomendación para fortalecer las políticas públicas oceánicas, basada en el análisis de marcos normativos y en enfoques de medios de vida sostenibles y coaliciones promotoras. También el aporte a la actualización de la PNAOCI, política nacional de ambiental de estas zonas. Estos resultados evidencian el potencial del centro como espacio de articulación académica, formación crítica e incidencia en la construcción de una gobernanza marino-costera más inclusiva, sostenible y territorialmente pertinente en Colombia.

Palabras clave: Medios de vida sostenibles; Comunidades marino-costeras; Gobernanza costera; Política pública ambiental; desarrollo costero.
Keywords: Sustainable livelihoods; Marine-coastal communities; Coastal governance; Environmental public policy; Coastal development.

Referencias:

[1] C. A. Rodríguez-Sánchez, R. del P. Moreno-Sánchez, and J. Higinio-Maldonado, “INCIDENCIA DE DOS MEDIDAS DIFERENTES DE POBREZA EN LA ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD ADAPTATIVA DE COMUNIDADES LOCALES UBICADAS EN ÁREAS MARINAS PROTEGIDAS: COMUNIDAD DE BARÚ, BOLÍVAR,” *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR*, vol. 45, no. 2, pp. 197–236, 2016, Accessed: Mar. 15, 2024. [Online]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-97612016000200197&lng=en&nrm=iso&tlng=es [2] A. K. Sierra Márquez, L. E. Ramos Pérez, and M. F. Zubiría Lara, “IMPACTO SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL DEL TURISMO DE SOL Y PLAYA EN EL GOLFO DE MORROSQUILLO 2016 - 2020,” *Tendencias*, vol. 22, no. 2, pp. 239–263, Jul. 2021, doi: 10.22267/RTEND.212202.175. [3] S. Sáenz-Arias *et al.*, “Contaminación por vertidos de aguas residuales: Una revisión de las interacciones microorganismos–microplásticos y sus posibles riesgos ambientales en aguas costeras colombianas,” *Ecosistemas*, vol. 32, no. 1, p. 2489, Apr. 2023, doi: 10.7818/ECOS.2489. [4] J. P. Serrano Guzmán and N. Tejada Sánchez, “Desarrollo social, factor de mitigación de la criminalidad en el Pacífico colombiano,” *Pensamiento Americano*, vol. 14, no. 27, pp. 95–114, Jun. 2021, doi: 10.21803/PENAMER.14.27.351. [5] A. Ramírez Martínez, A. C. López Rodríguez, and A. M. González Delgadillo, “Context and Development of the Coastal Marine Environmental Management In Colombia,” *Revista Costas*, vol. 2, pp. 55–74, Jun. 2021, doi: 10.26359/costas.e0321.

Colombian ocean activity and susceptibility tool - wind / (Coast- wind): una herramienta de apoyo a la decisión para el desarrollo sostenible de la energía eólica marina

Autores: Lucia Licero-Villanueva, Sebastián Palomino-Ángel, José Vega-Araújo Afiliación: Instituto de Ambiente de Estocolmo (SEI) Latinoamérica País: Colombia

Resumen:

Colombia avanza hacia una revolución energética con la meta de instalar 7 GW de energía eólica marina para 2040. Sin embargo, este potencial de más de 50 GW en el Caribe conlleva grandes desafíos socioambientales. ¿Cómo asegurar que esta expansión no comprometa nuestros ecosistemas marinos y los medios de vida costeros? Presentamos los avances más relevantes en el desarrollo de COAST-WIND, una herramienta innovadora que busca apoyar la toma de decisiones desarrollada por SEI Latinoamérica. Esta plataforma integra datos ecológicos y de actividad humana —como pesca, tránsito marítimo y biodiversidad— para generar mapas dinámicos de susceptibilidad marina. Identifica zonas de conflicto potencial donde los proyectos eólicos podrían superponerse con áreas protegidas, pesca artesanal y hábitats sensibles. Con una metodología validada por expertos y actores locales, COAST-WIND permite una Planificación Espacial Marina proactiva, ayudando a orientar la ubicación de proyectos, diseñar medidas de mitigación y evitar inversiones de alto riesgo. No solo fortalece la gobernanza marina colombiana, sino que ofrece un modelo escalable para Latinoamérica y el Caribe, armonizando la transición energética con la protección ambiental y social. En conclusión, COAST-Wind se visiona como una herramienta central para materializar un desarrollo eólico marino con una perspectiva ambiental y socialmente responsable en Colombia. Al tender puentes entre la ciencia, la política y la práctica, COAST-Wind no solo fortalece la gobernanza oceánica nacional, sino que su metodología escalable ofrece un modelo replicable para armonizar la expansión de energías renovables con la protección de los ecosistemas y las prioridades sociales para América Latina y El Caribe.

Palabras clave: Energía eólica marina; Susceptibilidad ambiental; Planificación Espacial Marina; Mapeo de conflictos; Datos de código abierto.

Conectividad tierra–mar en los manglares del Golfo de Morrosquillo: un enfoque de cuenca / Land-sea connectivity in the mangroves of the Gulf of Morrosquillo: a watershed approach

Autores: July Andrea Suárez Gómez[1,2*], Juan Felipe Blanco-Libreros[3]

1.Candidata a Doctora en Ciencias del Mar, Instituto de Ciencias del mar, Universidad de Antioquia.

2. Profesora Asistente. Universidad Nacional de Colombia- Sede Medellín- Facultad de Ciencias Agrarias- Departamento de Ciencias Forestales- Grupo de Teledetección y manejo forestal, jasuarezgom@unal.edu.co.

3. Profesor Titular. Universidad de Antioquia, Instituto de Biología. Grupo de investigación Procesos ecosistémicos a la escala del paisaje- PEEP

Resumen:

Los bosques de manglar son ecosistemas estratégicos por su función en la protección costera, la regulación hidrológica, el almacenamiento de carbono y el sostenimiento de la biodiversidad. Su funcionamiento depende de la conectividad entre sistemas terrestres, fluviales y marino-costeros, que regula el flujo de agua, sedimentos, nutrientes y organismos dentro de las cuencas. No obstante, poco se comprende cómo las condiciones ambientales a nivel de cuenca determinan la condición ecológica de los manglares en Colombia. En el Golfo de Morrosquillo, Caribe continental colombiano, esa conectividad se establece mediante una red de drenajes que enlaza la Serranía de San Jacinto con los ambientes estuarinos donde prosperan los manglares. El objetivo fue realizar una expedición que permitiera describir la cuenca Directos Caribe Golfo de Morrosquillo para tener un contexto espacial desde tierra hasta el mar mediante un reconocimiento de campo de la cuenca hidrográfica. Entre el 4 y el 9 de enero de 2026 se realizó una expedición de 340 km por ocho municipios y 39 veredas de Sucre. Se inspeccionaron coberturas de la tierra, arroyos, manglares y cuerpos de agua, registrando 750 puntos de interés vinculados con drenajes, divisorias de aguas y ecosistemas estratégicos. La información se recopiló mediante registros audiovisuales georreferenciados con una cámara Dash Cam Garmin, fotografía terrestre y 11 vuelos exploratorios con un vehículo aéreo no tripulado. En total se obtuvieron 1.300 registros audiovisuales y fotográficos, analizados con sistemas de información geográfica para caracterizar el paisaje, la red de drenaje y las coberturas. La cuenca evaluada comprende alrededor de 250.476 hectáreas y contiene 81 parches de manglar que suman 4.452 hectáreas, equivalentes al 1,8 % del área total. Estos manglares se distribuyen principalmente en la Ciénaga La Caimanera, la Boca de Guacamaya, la Reserva Natural de la Sociedad Civil Sanguaré, áreas aledañas a los centros poblados Berrugas y Rincón del Mar y algunas áreas menores al norte. Se identificó una red de drenaje cercana a 2.615 km, dominada por arroyos que nacen en la Serranía

de San Jacinto y atraviesan planicies antes de desembocar en sistemas de manglar. El paisaje está dominado por pastos para ganadería extensiva, intercalados con áreas agrícolas y bosques de galería asociados a los principales cursos de agua. Durante el recorrido se registraron más de veinte especies de aves y mamíferos asociadas a humedales y manglares, lo que resalta la importancia del área como hábitat y corredor ecológico. Asimismo, se identificaron tensores ambientales, entre ellos la deforestación y alteraciones hidrológicas derivadas de jagüeyes y reservorios, que interrumpen flujos y modifican los pulsos estacionales. En conjunto, los resultados muestran que los manglares del Golfo de Morrosquillo integran un sistema biocomplejo cuyo equilibrio depende de procesos hidrológicos que operan a lo largo de toda la cuenca. Por ello, se subraya la urgencia de una gestión integral de la zona costera y la conservación y manejo sostenible de los manglares con enfoque de cuenca que reconozca la dependencia entre este ecosistema y los ámbitos fluvial y terrestre.

Palabras clave: Ecohidrología, ecosistemas estuarinos, red de drenaje, fragmentación del paisaje, sistemas socio-ecológicos
Keywords: Ecohydrology, estuarine ecosystems, drainage network, landscape fragmentation, socio-ecological systems.

¿Dónde termina la arena y comienza la gobernanza?: Desafíos para gestionar sostenibleme nte las playas del Caribe Colombiano

Autores: Dariana Isabel Machado Castilla[1]\, *Beder Jose Torres Celedon[2], Valerie del Carmen Herrera Beleño[3], Celene Milanés Batista[4], Campo Henríquez Altamr[5].* \Dariana Isabel Machado Catilla hará la presentación oral.

[1]Programa de Ingeniería Marino Costera. Semillero de Investigación Anfibio. Universidad del Magdalena.

[2]Investigador independiente. Modalidad de presentación: ORAL

Resumen:

El acceso público y la accesibilidad a playas constituyen pilares fundamentales para la sostenibilidad costera y el derecho ciudadano al uso de los bienes de uso público. En Colombia y específicamente en Santa Marta, este derecho se encuentra vulnerado en algunas playas de la región. Por tanto, esta investigación centra su objetivo general en analizar las condiciones de accesibilidad y acceso público en 5 playas de Santa Marta, identificando barreras físicas, sociales y normativas, así como las percepciones de los actores locales, para proponer recomendaciones que fortalezcan la gobernanza costera participativa. Como materiales y métodos se emplean encuestas entrevistas estructuradas aplicadas a cinco tipos de involucrados diferentes: 1) turoperadores turísticos, 2) comunidades, 3) funcionarios gubernamentales, 4) turistas y 5) personas con discapacidad o movilidad reducida. La metodología empleada incluyó la observación directa, mapeo participativo y revisión de instrumentos normativos y de ordenamiento territorial como son los Decreto 2324/1984, Decreto 190/2022, la Ley 2068/2020, y el POT de Santa Marta. Como resultado se diagnostican las condiciones actuales de acceso y uso público en las cinco playas samarias identificadas. Se definen las principales barreras físicas, sociales, económicas y normativas que limitan el libre acceso y la equidad en el uso del espacio costero, considerando la perspectiva de las comunidades locales, turistas y autoridades. Finalmente, se analizan los mecanismos de gestión local relacionados con el manejo y conservación de las playas, identificando oportunidades para incorporar la ciencia ciudadana en la gobernanza costera. Se concluye aportando un conjunto de recomendaciones que fortalecerán la toma de decisiones para mejorar los procesos de acceso y accesibilidad a playas turísticas y urbanas de Santa Marta, válido para que las entidades costeras con competencia mejoren la inclusión de las personas en estos ecosistemas. La investigación promueve la gobernanza costera participativa. El aprendizaje principal incorpora la integración entre la ingeniería, la normativa y la percepción ciudadana para el diseño y construcción de soluciones sostenibles y replicables en otros sectores costeros.

Palabras clave: Accesibilidad a playas, Acceso público, Playas urbanas y turísticas, Gobernanza costera, Participación ciudadana. Referencias Bibliográficas Barragán, J. M., & Maldonado, J. (2019). Gestión

integrada de zonas costeras en América Latina. Ocean & Coastal Management. Blue Flag. (2023). Global Criteria for Accessible Beaches. FEE International. Martínez, C., Rodríguez, A., & Silva, R. (2021). Accesibilidad turística en playas urbanas de Latinoamérica. Revista de Estudios Costeros. United Nations Environment Programme (UNEP). (2020). Principles for Sustainable Coastal Management.

Ecosistema de políticas públicas marino-costeras y oceánicas en Colombia. Evidencia científica y lecciones aprendidas para la formulación y la exigibilidad. Estudio de caso.

Autores: Roberto Enrique Lastra Mier. Facultad de Ciencias Jurídicas Universidad del Atlántico- CEMarin Andrés Osorio Arias. Universidad Nacional-CEMarin Alejandro Ramirez Orozco. Universidad Nacional.CEMarin Daniel Fernando Castro Alvarez. Universidad Nacional. Medellín. CEMarin Celene Milanes Batista. Universidad del Magdalena-CEMarin Paula Andrea Zapata Ramirez. CEMarin.

Resumen:

En Colombia, la gobernanza de mares y océanos se ha consolidado durante los últimos 40 años mediante un ecosistema de instrumentos de política pública que han buscado integrar la dimensión ambiental marino-costera, la orientación estratégica de la política oceánica y la coordinación intersectorial de la planeación nacional. Este andamiaje ha permitido ampliar agendas, priorizar acciones y organizar responsabilidades; sin embargo, también ha puesto en evidencia retos estructurales que son recurrentes en América Latina: fragmentación competencial, asimetrías territoriales en capacidades, debilidades de información interoperable y dificultades para traducir evidencia científica en decisiones con efectos jurídicos verificables. Este caso analiza posibles resultados a partir de procesos de actualización y articulación de políticas marino-costeras y oceánicas como ejercicio replicable de mejora de diseño e implementación. Se asume que la calidad de una política no depende solo de su coherencia programática, sino de su "anclaje" jurídico e institucional, es decir, la capacidad de generar obligaciones operativas, activar coordinación y producir resultados trazables y evaluables. Se aplicó un enfoque metodológico mixto que combinó la revisión documental-normativa y análisis técnico; así como mecanismos de participación con diversos actores tanto institucionales como grupos de interés con el fin de priorizar retos y amenazas a la implementación de políticas. Dentro de los resultados y lecciones aprendidas, se constató que la evidencia ambiental disponible condiciona el diseño jurídico, es decir, que cuando la política carece de definiciones operativas, estándares, umbrales e indicadores verificables, tiende a permanecer enunciativa, con baja exigibilidad y limitada capacidad de orientar decisiones administrativas. En contraposición, la incorporación de criterios técnicos medibles facilita la construcción de reglas de implementación (priorización espacial, metas, cumplimiento y seguimiento) y reduce discrecionalidad no controlada. La coherencia entre instrumentos exige un sistema robusto de monitoreo, evaluación y aprendizaje que conecte líneas de acción e indicadores con responsables institucionales, fuentes de información y ciclos de ajuste. Este sistema emerge, por tanto, como puente entre la racionalidad científica (datos, modelos, monitoreo) y la racionalidad jurídica (competencias, deberes, control y rendición de cuentas), permitiendo evaluar cumplimiento y corregir desviaciones. Finalmente, se establece que los resultados esperados dependen de arreglos de gobernanza multinivel, que implican el establecimiento de reglas explícitas de coordinación intersectorial, interoperabilidad de datos, financiación estable y

mecanismos de rendición de cuentas. La experiencia muestra que, aun con alta relevancia temática, la política se debilita si no se traduce en procedimientos, instancias y decisiones periódicas con responsabilidades y consecuencias, de tal manera que el proceso permitió identificar y priorizar cuellos de botella (apropiación institucional, articulación intersectorial y brechas de información), y reforzó el valor del co-diseño técnico como mecanismo para legitimar prioridades y mejorar factibilidad. La lección principal para América Latina es que una política marina, costera y oceánica eficaz requiere simultáneamente ciencia aplicable y datos interoperables; arquitectura institucional clara y multinivel; y herramientas jurídicas que transformen acuerdos programáticos en obligaciones operativas sujetas a seguimiento, control y exigibilidad.

Palabras clave: Políticas públicas, democracia ambiental, biodiversidad, normativa, gobernanza.

El régimen jurídico de las Islas oceánicas colombianas

Autores: Willian Pedroza[1]*, Camilo Botero[2]

1 Doctorado en Ciencias del Mar, Escuela Naval "Almirante Padilla", Cartagena.

2 Escuela de Derecho, Universidad Sergio Arboleda, Santa Marta.

(*Presentación oral)

Resumen:

Los estados que no son archipelágicos pero que cuentan con áreas insulares oceánicas apartadas de su territorio continental tienen la oportunidad y necesidad de privilegiar su soberanía, posición estratégica, economía, cultura, medio ambiente, seguridad y derechos fundamentales de sus ciudadanos. Colombia es uno de estos estados, pues cuenta con importantes espacios en el Caribe occidental y el Pacífico sudeste. En el Caribe se encuentra el archipiélago de San Andrés Providencia y Santa Catalina, con nueve islas oceánicas principales, 40 islas adyacentes y 80 elevaciones de bajamar. En el Pacífico, se encuentra el Archipiélago de Malpelo conformado por 12 islas que se proyectan sobre 339.100 kilómetros cuadrados de aguas jurisdiccionales. Estas islas oceánicas requieren un régimen jurídico que esté conforme al derecho internacional y que permita marcar una ventaja estratégica para el Estado. San Andrés Providencia y Santa Catalina y Malpelo, son dos archipiélagos oceánicos de Estado -término que igualmente es necesario incorporar a la legislación nacional como categoría jurídica esencial-. La ausencia de un régimen jurídico crea vacíos en el derecho aplicable y múltiples consecuencias de carácter estratégico que imposibilita la determinación de los espacios marítimos adyacentes a las islas, priva posiciones de proyección estratégica clara en el escenario marítimo, impide la definición de áreas de interés económico o declarar zonas de reserva, entre otras. En consecuencia, esta investigación busca determinar los elementos necesarios para formular e implementar un régimen jurídico para las islas oceánicas, tomando como caso de estudio los archipiélagos mencionados. Mediante una metodología cualitativa a partir de los aportes desde la literatura científica a la definición del régimen jurídico de las islas oceánicas; del análisis de la relevancia estratégica de estas para los Estados, ilustrada en casos específicos aleatorios; del estudio de la aplicación práctica por regiones -con profundización en el mar Caribe-, de las fuentes del derecho internacional en la delimitación de espacios marítimos con islas oceánicas, se evidencian los esfuerzos de los Estados para preservar y consolidar estos territorios, dándoles una alta importancia geopolítica. Lo anterior permitió definir una propuesta normativa soportada en la prevalencia de los tratados de delimitación, como principal fuente del derecho internacional utilizada para tal fin, tomando como base su efecto útil, la cual se pone a disposición del Estado colombiano para otorgar el régimen jurídico a las islas oceánicas que conforman los archipiélagos citados. La investigación enfatiza en la urgencia de formular políticas

integrales que no solo garanticen la soberanía de estos territorios, sino que también promuevan un desarrollo sostenible que respete tanto los ecosistemas únicos de las islas como los derechos de sus habitantes, en concordancia con los intereses marítimos colombianos.

Palabras clave: Islas oceánicas, régimen jurídico, derecho interno, derecho internacional, líneas de base
Keywords: Oceanic islands, legal regime, domestic law, international law, baselines.

Referencias:

Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar. 10 de diciembre de 1982.<https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/convemar_es.pdf>
Dirección General Marítima, DIMAR. (2019). Atlas Geomorfológico del Departamento Archipiélago de San Andrés Providencia y Santa Catalina. Bogotá, Colombia. Editorial DIMAR. Méndez, M, A. (1990). Las islas mexicanas: importancia económica, régimen jurídico y proyecciones internacionales. Revista Mexicana de Política Exterior, (28), 33-39. <https://revistadigital.sre.gob.mx/index.php/rmpe/article/download/1838/1678> Pastor Palomar, A. (2017). La delimitación marítima entre Estados: Formaciones insulares y bajíos. Tirant lo Blanch. Rothwell, D. (2016). *The International Law of the Sea*. Oxford University Press. Rothwell, D. (2021). *Islands and International Law*. Hart Publishing. Rothwell, D. (2022). “Islands and Human Rights”. En *Islands and International Law* (pp. 146-159). Hart Publishing.

El vacío normativo en la "Colombia anfibia": hacia una soberanía jurídica y ecosistémica en los planes nacionales de desarrollo. / The regulatory void in 'amphibious Colombia': toward juridical and ecosystemic sovereignty in national development plans

Autores: Angie Xiomara González Martín1*[1]Abogada egresada de la Universidad Libre, con formación en derecho administrativo y derecho del medio ambiente. Colombia

Resumen:

Colombia posee una contradicción fundacional, toda vez que cuenta con un territorio nacional compuesto en casi un 50% por áreas marinas, frente a un ordenamiento jurídico que padece de un profundo desconocimiento y desinterés sobre dichas zonas. A pesar de la relevancia estratégica de nuestros océanos, el marco normativo actual presenta vacíos críticos que relegan la gobernanza marina a capítulos secundarios en los Planes Nacionales de Desarrollo (PND), los cuales carecen de una estructura de ley orgánica que articule la protección de especímenes y recursos bajo una visión de Estado a largo plazo. Esta ponencia aborda la fractura territorial y la asimetría operativa existente en los litorales, escenarios donde se materializa la presión sobre la biodiversidad y la soberanía frente a un núcleo administrativo centralizado que monopoliza la creación normativa desde una perspectiva andina y distante. Es menester señalar la existencia de una desconexión crítica donde el derecho del mar, el derecho marítimo y el ambiental no impactan eficazmente en una política de defensa de la soberanía biológica, dejando a los recursos marinos vulnerables ante la falta de una agenda legislativa con pertinencia oceánica. El Objetivo de este estudio es proponer la integración de un Estatuto de Gobernanza Marina en la formulación de los PND, que faculte a los departamentos costeros para ejercer una soberanía técnica y jurídica real sobre sus espacios marítimos. Para ello, se empleó un Método de investigación teórico descriptivo con enfoque histórico y lógico, analizando el desarrollo de los últimos cuatro PND, la jurisprudencia sobre bienes de uso público y el régimen de protección de especies, integrando instrumentos internacionales como el Acuerdo BBNJ. Como Resultados principales, se evidenció que la ausencia de un capítulo oceánico transversal en la planeación nacional desincentiva la formación de cuadros jurídicos especializados, perpetuando un modelo donde el mar es visto como una despensa netamente extractiva o turística, y no como un activo soberano. En la Discusión, se plantea que la salvaguarda de los activos ecosistémicos no puede ser efectiva bajo el actual modelo, donde la anemia normativa relega la gobernanza a capítulos accesorios. Se argumenta que la protección del futuro oceánico exige una autonomía técnica y financiera que territorialice la Autoridad Ambiental, permitiendo que la respuesta ante la crisis climática se gestione desde el corazón del litoral y no desde el hermetismo andino. Se llega a las Conclusiones de que es imperativo transitar hacia una Oceanopolítica que blinde jurídicamente nuestra identidad, garantizando

que el derecho del mar sea el pilar de un desarrollo nacional que proteja la vida para las futuras generaciones; reconociendo, finalmente, que la soberanía nacional se consolida en el agua y se valida en la orilla.

Palabras clave: Oceanopolítica, Plan Nacional de Desarrollo, Gobernanza Oceánica
Keywords: Oceanopolitics, National Development Plan, Ocean Governance.

Escenarios de enfrentamiento al cambio climático: peligros, vulnerabilidades y gestión del riesgo costero ante desastres adaptación climática basada en ciencia y saber local en áreas marinas protegidas del Pacífico chocoano / Climate adaptation based on science and local knowledge in protected areas of the Chocó pacific

Autores: Lilian j. Barreto Sánchez M.Sc [1] Yuri Martínez Melo m. Sc. [1] Manuel Velandia M.Sc [1] David Barrios Amaya M.Sc [1]*

1 Fundación MarViva Colombia. lilian.barreto@marviva.net – david.barrios@marviva.net (David Barrios Amaya hará la presentación oral)

Resumen:

El cambio climático representa una amenaza creciente para la biodiversidad y los ecosistemas marino-costeros del Pacífico colombiano, así como para las comunidades que dependen de los servicios ecosistémicos que estos proveen; por ello, se requieren medidas de adaptación que reduzcan su vulnerabilidad y fortalezcan su resiliencia. La incorporación del cambio climático en los instrumentos de gestión de las áreas protegidas promueve la implementación de acciones de adaptación orientadas a mantener la salud de los ecosistemas, conservar sus servicios garantizar la sostenibilidad y seguridad alimentaria de las comunidades locales. Con este propósito, se desarrolló un proceso participativo para el diseño de medidas locales de adaptación en el Parque Nacional Natural Utría y en los Distritos Regionales de Manejo Integrado Golfo de Tribugá – Cabo Corrientes y Encanto de los Manglares del Bajo Baudó, así como en el área en proceso de declaratoria del Litoral del San Juan. El proceso se desarrolló en cuatro fases: i) revisión de información secundaria, ii) análisis espacial de vulnerabilidad y riesgo, iii) talleres participativos con comunidades, y iv) construcción concertada de medidas de adaptación. El análisis de vulnerabilidad integró criterios técnicos con procesos participativos, articulando conocimiento científico y saber local para fortalecer la toma de decisiones. La vulnerabilidad se determinó a partir de lo definido por el IPCC (2014) y la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia (IDEAM *et al.,* 2017), analizando variables climatológicas y oceanográficas disponibles. Se usó, además, la plataforma Climate on Demand de Moody´s, para evaluar los riesgos a los que están expuestos los territorios costeros por amenazas como inundación, estrés térmico e hídrico, aumento del nivel del mar, e incendios forestales. Para el trabajo comunitario, se adaptó la metodología de Manejo Adaptativo de Riesgo y Vulnerabilidad en Sitios de Conservación (MARISCO) (Ibish & Hobson, 2014) y la propuesta del PRCC y CATIE (2017). Este enfoque permitió incorporar el conocimiento de las comunidades, lo que generó mayor apropiación y entendimiento de las dinámicas que les afectan, caracterizando conceptual, geográfica y operativamente amenazas climáticas y no climáticas que inciden sobre elementos claves de la biodiversidad, la seguridad alimentaria y los modos de vida de las comunidades; entre ellos la presión

sobre los recursos naturales, limitaciones institucionales operativas y técnicas, y brechas en el acceso a servicios básicos. Como resultado del proceso, se definieron líneas estratégicas y medidas de adaptación para cada área, orientadas al incremento de la resiliencia ecológica (ej. restauración de manglares, manejo pesquero sostenible) y al fortalecimiento de la gobernanza climática y la capacidad adaptativa institucional y comunitaria, la diversificación productiva, seguridad alimentaria y generación de sistemas locales de monitoreo y alerta temprana. La articulación entre conocimiento científico y saber local mejora la legitimidad y viabilidad de las acciones de adaptación, fortaleciendo la resiliencia socio-ecológica del territorio. Aunque estos documentos están en proceso de entrega a las autoridades competentes para incorporación a los planes de manejo de las áreas, los principales retos para su implementación eficiente requieren condiciones habilitantes como financiamiento, articulación interinstitucional y fortalecimiento de capacidades comunitarias.

Palabras clave: Adaptación, Cambio Climático, Áreas Marinas Protegidas, Vulnerabilidad Socioecológica, Gestión Participativa
Keywords: Adaptation, Climate Change, Marine Protected Áreas, Socioecological Vulnerabilty, Participative Managment

Referencias:

Ibisch, P. L., & Hobson, P. R. (2014). MARISCO (manejo adaptativo de riesgo y vulnerabilidad en sitios de conservación): Guía para la conservación de la biodiversidad basada en ecosistemas mediante un enfoque de adaptación y resistencia frente al riesgo. Centre for Economics and Ecosystem Management. IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & Cancillería. (2017). *Análisis de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático en Colombia: Tercera comunicación nacional de cambio climático*. IDEAM, PNUD, MADS, DNP, Cancillería, & FMAM. IPCC. (2014). Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. PRCC (Programa Regional de Cambio Climático) & CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). (2017). *Soluciones adaptativas que reducen la vulnerabilidad de los ecosistemas pesqueros y acuícolas ante el cambio climático en los países que conforman la región del SICA*. Documento técnico. Turrialba, Costa Rica.

Escenarios de enfrentamiento al cambio climático: peligros, vulnerabilidades y gestión del riesgo costero ante desastres. Impacto del cambio climático en el Caribe colombiano por ascenso del nivel del mar. caso: litorales de los departamentos de Bolívar y Sucre. / Climate change impact on the Colombian Caribbean due to sea level rise. study case: litoral of Bolivar and Sucre department's

Autores: Fernando Afanador Franco[1]\ ,*Nila Parra León[1] , Eliana Isabel Ruiz L´Hoeste[1],*

1. Dirección General Marítima. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe. Sección Manejo Integrado de Zona Costera. (\ Fernando Afanador Franco hará la presentación oral).

Resumen:

El ascenso del nivel medio del mar es un proceso físico asociado al incremento sostenido del nivel oceánico respecto a la superficie terrestre, impulsado principalmente por el cambio climático global. Este fenómeno representa una amenaza para los ecosistemas costeros y para la población asentada en zonas litorales, especialmente en regiones vulnerables como el Caribe colombiano. En cumplimiento del Decreto Ley 2324 de 1984 y de sus funciones como Autoridad Marítima Nacional, la Dirección General Marítima (DIMAR) adelanta investigaciones científico-marinas orientadas a evaluar la exposición y riesgo de las comunidades e infraestructura costeras frente al aumento del nivel medio del mar. Desde el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH), se modelaron escenarios de inundación asociados al aumento del nivel medio del mar bajo condiciones de cambio climático en los litorales de los departamentos de Bolívar y Sucre, empleando las proyecciones climáticas del AR6–IPCC , y disponiendo los resultados en un sistema de acceso a la información que integra la modelación de escenarios de inundación y estadísticas poblacionales, con el propósito de fortalecer los procesos de toma de decisiones para la adaptación al cambio climático en el litoral Caribe colombiano. La metodología empleada comprendió el análisis y modelado basado en el Sexto Informe de Evaluación (AR6) del IPCC, mediante la selección de dos Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP, por sus siglas en inglés) SSP1-2.6 y SSP5-8.5, cuyas proyecciones de ascenso del nivel medio del mar se integraron, bajo aproximación estática a un modelo digital del terreno basado en datos LiDAR para delimitar las planicies de inundación en los años 2030, 2040, 2050 y 2100. Las planicies fueron relacionadas digitalmente con información del Censo Nacional de Población y Vivienda 2018 del DANE para identificar áreas pobladas expuestas y estimar afectaciones mediante análisis desarrollados en entornos SIG. La información resultante se dispuso para consulta libre y descarga en el visor geográfico de datos abiertos de la Infraestructura de Datos Espaciales Marítima, Fluvial y Costera de la DIMAR. Las modelaciones efectuadas evidenciaron incrementos progresivos en las superficies susceptibles a inundación en los litorales de Bolívar y Sucre; así como

también en la cantidad de población costera afectada, confirmando que el aumento del nivel medio del mar representa un riesgo creciente para los asentamientos humanos e infraestructuras en el Caribe colombiano. La integración de datos climáticos y censales permitió identificar con precisión las áreas susceptibles de inundación constituyéndose en un insumo estratégico para los procesos de ordenamiento territorial, planificación costera y formulación de medidas de adaptación ante el cambio climático. Los resultados obtenidos aportan evidencia científica clave para la gestión del riesgo por inundación costera y fortalece la capacidad analítica de la Autoridad Marítima y de las entidades territoriales, proporcionando una herramienta robusta para orientar decisiones frente al cambio climático y la sostenibilidad del litoral.

Palabras clave: Planicies de Inundación, Caribe colombiano, cambio climático, aumento del nivel medio del mar, Bolívar, Sucre.
Keywords: Floodplains, Colombian Caribbean, Climate Change, Sea-Level Rise, Bolivar, Sucre.

Espacio acuático como sujeto parte en los accidentes marítimos / The aquatic environment as a contributing factor in maritime accidents

Autores: Marly Mardini Llamas Docente Facultad de Derecho y Ciencias Políticas Directora Observatorio de Actividades Marítimas y Portuarias Universidad de Cartagena

Resumen:

La agenda mundial y la investigación científica prioriza la preservación del planeta y en especial su geografía acuática del 72% del orbe en océanos. Las actividades marítimas y portuarias, especialmente la navegación, actividad marítima que conecta al mundo, son objeto de regulación por la Organización Marítima Internacional y en su réplica cada país, con el propósito de prevenir accidentes que afecten los océanos. En la navegación se centran relaciones jurídicas contractuales, y por extensión otras extracontractuales, alrededor de sus diferentes fines. Para la navegación y con ella el transporte marítimo, se establecen garantías de aseguramiento a favor de la protección del medio marino, además de requerimientos técnicos para la nave y el transportador; estando presente el espacio acuático como potencial afectado. Los contratos para ello, se celebran por las partes que los suscriben, el transportador y, el y lo transportado. Pero hay otro actor, quien genera y hace posible la actividad, el espacio acuático, recurso natural en el que se moviliza la embarcación. Como objetivo, la investigación pretende analizar, desde el marco normativo, el reconocimiento del espacio acuático, en un accidente marítimo, como víctima y sus implicaciones en la responsabilidad, reparación y protección del medio marino. Como metodología estudiamos la dogmática jurídica, con investigación cualitativa y analítica, e interpretación normativa, jurisdiccional y doctrinal, apoyada en saberes técnicos. Resultado: la navegación marítima como actividad de alta complejidad técnica encarnada en la nave, sometida a la fuerza bravía de las aguas, es una actividad peligrosa, con accidentes y afectaciones para los involucrados, que pueden alcanzar a terceros ajenos a la relación contractual del transporte, incluyendo como sujeto, aún no siendo persona natural o jurídica, el espacio acuático como ser vivo. Jurídicamente la responsabilidad por los daños de los accidentes, se establece para las partes y/o terceros, con la compensación patrimonial, visión centrada en la economía, dejando en segundo plano al espacio acuático aun cuando se prevén formas de responder por él. La preocupación por la preservación de la vida marina, surge principalmente de la Convemar, con la teoría de que el mar es de todos. Se varió la visión de las obligaciones y las responsabilidades, en los usos y relaciones en el mar. La normativa colombiana del espacio acuático se destaca con la Constitución de 1991. Entratándose del accidente marítimo durante la navegación, los daños que afecten a los involucrados, generan responsabilidad civil contractual subjetiva del transportador. Cuando también afecten a terceros, es responsabilidad civil extracontractual. En la contaminación del espacio acuático, la responsabilidad civil es objetiva, atendiendo al riesgo implícito en la actividad peligrosa de la navegación. La discusión analiza las responsabilidades más allá de las indemnizaciones, que se reconozca el espacio

acuático como sujeto de derecho dentro de la relación contractual en la navegación, tomando como referencia figuras jurídicas de terceros incorporados como partes del contrato. Concluimos la importancia del espacio acuático y su afectación por accidentes marítimos, lo que obliga a reconocerlo como sujeto parte en la relación contractual y garantizar su protección jurídica especial.

Palabras clave: Accidente marítimo, espacio acuático, sujeto, partes, relación contractual.
Keywords: Maritime accident, waterway, parts, contractual relationship.

Referencias:

Comisión Colombiana del Océano (CCO). (2018). Política Nacional del Océano y los Espacios Costeros-PNOEC. https://cco.gov.co/pnoec/ Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2019). CONPES 3990 Colombia como potencia bioceánica sostenible 2030. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3990.pdf Dirección General Marítima (DIMAR). Decreto No. 1875 de 1979. https://www.dimar.mil.co/decreto-no-1875-de-1979 Dirección General Marítima (DIMAR). Ley 10 de 1978. https://www.dimar.mil.co/ley-ndeg-10-de-1978#:~:text=Por%20medio%20de%20la%20cual,y%20se%20dictan%20otras%20disposiciones. Dirección General Marítima (DIMAR). Ley 2362 de 2024. https://www.dimar.mil.co/ley-ndeg-2362-de-2024-1#:~:text=Por%20medio%20de%20la%20cual,13%20de%20febrero%20de%202004. Dirección General Marítima (DIMAR). Resolución 0477 de 2012. https://www.dimar.mil.co/sites/default/files/res_04772012.pdf Dirección General Marítima (DIMAR). Resolución 1131 de 2019. https://www.dimar.mil.co/resolucion-1131-de-2019 Dirección General Marítima (DIMAR). Resolución 645 de 2014. https://www.dimar.mil.co/resolucion-645-de-2014 Dirección General Marítima (DIMAR). Resolución No. 887 de 2019. <https://www.dimar.mil.co/resolucion-ndeg-0887-de-2019> El contrato de transporte marítimo de mercancías bajo conocimiento de embarque. Guzman Escobar, José Vicente. 2007. Franco Zárate, Javier. Aspectos Legales de la logística comercial y los contratos de servicio logístico. 2014. Función Pública de Colombia. Ley 1551 de 2019. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1551 Función Pública de Colombia. Ley 297 de 2001. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297 Función Pública de Colombia. Ley 4125 de 2007. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4125 Función Pública de Colombia. Ley 44140 de 2020. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=44140 Función Pública de Colombia. Ley 66783 de 2022. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=66783 Meilan G; José Luis. Estudios sobre el régimen jurídico de los vertidos de buques en el medio marino. (2006). https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=11876 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. Ley 430 de 1998. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-0430-

1998.pdf Muñoz, C; Reynaldo. (2009). La Protección del Medio Ambiente Marino, Insular y Costero y el Caso de las Islas del Archipiélago de Nuestra Señora del Rosario. https://www.jstor.org/stable/j.ctv31zqh1d Organización de las Naciones Unidas. Los océanos y el derecho del mar. https://www.un.org/es/global-issues/oceans-and-the-law-of-the-sea Organización Marítima Internacional (OMI). Código PBIP (SOLAS XI-2). https://www.OMI.org/es/OurWork/Security/Paginas/SOLAS-XI-2%20ISPS%20Code.aspx Organización Marítima Internacional (OMI). Convención Internacional sobre la Responsabilidad Civil por Daños Debidos a la Contaminación por Hidrocarburos (CLC). https://www.OMI.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-on-Civil-Liability-for-Oil-Pollution-Damage-(CLC).aspx Organización Marítima Internacional (OMI). Convención Internacional para la Prevención de la Contaminación por los Buques (MARPOL). https://www.OMI.org/es/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx Organización Marítima Internacional (OMI). Convención Internacional Relativa a la Intervención en el Mar Alto en Caso de Accidentes de Contaminación por Hidrocarburos. https://www.OMI.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-Relating-to-Intervention-on-the-High-Seas-in-Cases-of-Oil-Pollution-Casualties.aspx Organización Marítima Internacional (OMI). Convención Internacional sobre la Preparación, Respuesta y Cooperación en Materia de Contaminación por Hidrocarburos (OPRC). https://www.OMI.org/es/About/Conventions/Pages/International-Convention-on-Oil-Pollution-Preparedness%2C-Response-and-Co-operation-%28OPRC%29.aspx Organización Marítima Internacional (OMI). Convención Internacional sobre el Establecimiento de un Fondo Internacional para la Compensación de Daños por Contaminación por Petróleo (FUND). https://www.OMI.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-on-the-Establishment-of-an-International-Fund-for-Compensation-for-Oil-Pollution-Damage-(FUND).aspx Organización Marítima Internacional (OMI). Convención Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS), 1974. https://www.OMI.org/es/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS)%2C-1974.aspx Organización Marítima Internacional (OMI). Convención sobre la Prevención de la Contaminación Marina por Vertimiento de Desechos y Otras Materias. https://www.OMI.org/es/About/Conventions/Pages/Convention-on-the-Prevention-of-Marine-Pollution-by-Dumping-of-Wastes-and-Other-Matter.aspx Universitat Politècnica de Catalunya. (2012). Las emergencias marítimas y el sistema nacional de respuesta ante la contaminación marina. Análisis y juicio crítico. <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/20133?locale-attribute=es> Organización Marítima Internacional. (s.f.). La OMI y su rol en la protección de los océanos. Disponible en: <https://www.imo.org/es/MediaCentre/HotTopics/Paginas/oceans-default.aspx> Organización Marítima Internacional. (s.f.). Introducción a la OMI. Disponible en: <https://www.imo.org/es/About/Paginas/Default.aspx#:~:text=La%20OMI%20%2DOrganizaci%C3%B3n%20Mar%C3%ADtima%20Internacional,del%20mar%20por%20los%20buques> Organización Marítima

Internacional. (s.f.). Breve reseña histórica de la OMI. Disponible en: <https://www.imo.org/es/About/HistoryOfIMO/Paginas/Default.aspx> Organización Marítima Internacional. (s.f.). Medio marino. Disponible en: <https://www.imo.org/es/OurWork/Environment/Paginas/Default.aspx> Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP). (s.f.). Science for a sustainable ocean. Disponible en: <http://www.gesamp.org/> Naciones Unidas. (s.f.). Conferencia sobre el Océano. Disponible en: <https://www.un.org/es/conferences/ocean2022> Grupo de Gestión Ambiental de las Naciones Unidas. (s.f.). Acerca de EMG. Disponible en: <https://unemg.org/about-emg/> Grupo de Gestión Ambiental de las Naciones Unidas. (s.f.). Grupo de Gestión de Problemas en Materia de Contaminación. Disponible en: <https://unemg.org/pollution-free-planet/> Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s.f.). Océanos: aspectos destacados de la evaluación . Disponible en:. <https://www.fao.org/evaluation/highlights/detail/oceans/en> Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (sf). Acerca de la FAO. Disponible en: <https://www.fao.org/about/about-fao/en/> Autoridad Internacional de los Fondos Marinos (AIE). (s.f.). Acerca de ISA. Disponible en: <https://www.isa.org.jm/about-isa/> La Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO (COI/UNESCO). (s.f.). La ciencia oceánica al servicio del desarrollo sostenible. Disponible en: <https://www.ioc.unesco.org/en> Dirección General Marítima de Colombia. (s.f.). Protección marítima. Disponible en: <https://www.dimar.mil.co/proteccion-maritima> Dirección General Marítima de Colombia. (s.f.). Protección del medio marino. Disponible en: <https://mediomarino-dimar.hub.arcgis.com/> Dirección General Marítima de Colombia. (s.f.). Historia. Disponible en: <https://www.dimar.mil.co/Conozca-Dimar/Informaci%C3%B3n-General/Historia> Comisión Colombiana del Océano. (s.f.). La Comisión Colombiana del Océano. Disponible en: <https://cco.gov.co/comision/> Comisión Colombiana del Océano. (s.f.). Plan Nacional de Expediciones Científicas Marinas (PNEC). Disponible en: <https://cco.gov.co/expediciones/> Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR). (s.f.). Informe del Estado de los Recursos y Ambientes Marinos y Costeros en Colombia. Disponible en: <https://www.invemar.org.co/inf-ier/> Agencia Europea de Medio Ambiente. (2018). La vida subacuática está expuesta a múltiples presiones. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2018-el-agua-es-vida/articulos/la-vida-subacuatica-esta-expuesta> Agencia Europea de Medio Ambiente. (2015). Estado de los mares europeos. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/state-of-europes-seas> UNESCO Courier. (s.f.). Océanos: cambio de rumbo. Disponible en: <https://courier.unesco.org/es/articles/oceanos-cambio-de-rumbo> Espinosa Rios, K., Morales Valdelamar, M., y Jaramillo-Colorado, B. (2023).Contaminación por hidrocarburos aromaticos policíclicos en sedimentos y especies marinas: revisión. Ciencia en Desarrollo, 14(2). Disponible en: <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_en_desarrollo/article/view/14760> Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2019). El océano y la criosfera en un clima cambiante. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2020/07/SROCC_SPM_es.pdf> Referencia: Sánchez

Jaramillo, J. (2023). COLOMBIA: LA NATURALEZA COMO SUJETO DE DERECHOS ENTRE EL ACTIVISMO Y LA CONTENCIÓN. Novum Jus. Disponible en: <https://novumjus.ucatolica.edu.co/article/view/4777/4561> Referencia: Corte Constitucional de Colombia. (s.f.). Sentencia T-622/16. Disponible en: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2016/t-622-16.htm> Molinares Hassan, V. y Díaz Marriaga, D. (2023). Protección a la naturaleza desde el paradigma ecocéntrico: análisis de sentencias de la Corte Constitucional de Colombia y de otros tribunales de este país. Cuestiones constitucionales. Disponible en: <https://revistas.juridicas.unam.mx/index.php/cuestiones-constitucionales/article/view/17528/18525> Vernaza Arroyo, G. y Cutié Mustelier, D. (2022). Los derechos de la naturaleza desde la mirada de los jueces en Ecuador. SciELO. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-21472022000100285#:~:text=Toda%20persona%2C%20comunidad%2C%20pueblo%20o,Art%C3%ADculo%2072>.

Evaluación de ciclo de vida de proyectos marinos de energías renovables y su aporte a la gobernanza y sostenibilidad del Caribe colombiano / Governance and sustainability in the colombian caribbean

Autores: José Ricardo Nuñez Alvarez[1], John A. Taborda Giraldo, Batista[1], Carlos A. Robles Algarín[1]
Modalidad de presentación: Oral

Resumen:

Este trabajo analiza la importancia de los estudios de Análisis de Ciclo de Vida (LCA) en proyectos de energías renovables marinas, específicamente parques eólicos offshore y centrales mareomotrices, para fortalecer la gobernanza ambiental y la sostenibilidad de la zona marino-costera del Caribe colombiano. El objetivo es demostrar cómo la integración sistemática del LCA en la planificación y regulación de estos proyectos permite identificar y gestionar impactos a lo largo de todo su ciclo de vida, desde la extracción de materiales y construcción hasta la operación y desmantelamiento. Metodológicamente se propone una revisión crítica de literatura científica y técnica, combinada con el análisis de marcos normativos internacionales (ISO 14040/44) y documentos de política nacional relacionados con ordenamiento marino-costero, cambio climático y transición energética. Se plantea un ejercicio conceptual de aplicación del LCA a escenarios hipotéticos de parques eólicos offshore y centrales mareomotrices en el Caribe colombiano, considerando categorías clave de impacto (huella de carbono, uso de recursos, impactos sobre ecosistemas marinos y comunidades costeras). Los resultados esperados incluyen lineamientos para incorporar el LCA en instrumentos de planificación y licenciamiento ambiental, criterios para la toma de decisiones basadas en evidencia y recomendaciones para una gobernanza más transparente, participativa y orientada a la sostenibilidad de los territorios marino-costeros del país.

Palabras clave: Análisis de Ciclo de Vida; energías renovables marinas; parques eólicos offshore; centrales mareomotrices; gobernanza ambiental.
Keywords: Life cycle analysis; marine renewable energy; offshore wind farms; tidal power plants; environmental governance. Referencias Bibliográficas 1. Bonou, A., Laurent, A., & Olsen, S. I. (2016). Life cycle assessment of onshore and offshore wind energy—from theory to application. *Applied Energy*, 180, 327–337. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.07.058 2. Dal Maso, D., Dabat, M.-H., & Raugei, M. (2021). Life cycle assessment of offshore renewable energy systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 151, 111601. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111601 3. Díaz, J. M., & Acero, A. (2003). Marine biodiversity in the Caribbean and tropical eastern Pacific: Marine and coastal ecosystems, threats and conservation efforts. *Gayana*, 67(2), 283–300. 4. International Organization for Standardization. (2006). ISO 14040:2006. *Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework*. ISO. 5. International Organization for Standardization. (2006). ISO 14044:2006.

Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines. ISO. 6. Kallo, J., & Tzimas, E. (2014). Environmental impacts of tidal and wave energy conversion technologies. *Energy Procedia*, 63, 94–101. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.11.010 7. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Política nacional ambiental para el desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y las zonas costeras e insulares de Colombia*. MADS. 8. Ortega-Rubio, A., & Granados-Barba, A. (2014). Coastal management in Latin America: Lessons from implementation. *Ocean & Coastal Management*, 87, 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.10.012> 1. Facultad de Ingeniería, Universidad del Magdalena. Santa Marta, Colombia [↑](#footnote-ref-1)

Evaluación del riesgo por erosión costera mediante CERA2.0 en el distrito de Santa Marta, Colombia / Assessment using CERA2.0 in the district of Santa Marta, Colombia

Autores: Jorge Torres Fernández[1,a], *Celene Milanés Batista[1], Campo Henríquez Altamar[2], Jhoseph Candanoza[1,a],* Modalidad de presentación: Oral

Resumen:

La erosión costera constituye un riesgo significativo para el sistema litoral del distrito de Santa Marta, Colombia, resultado de la interacción entre procesos hidrodinámicos, el aumento del nivel del mar y la intensificación de las presiones antrópicas sobre las zonas costeras. En este estudio se evalúa el riesgo de erosión costera en 4 playas adyacentes pertenecientes al distrito de Santa Marta mediante la aplicación del modelo CERA2.0, el cual integra los componentes del riesgo en 4 módulos: peligro, exposición, susceptibilidad y valoración de consecuencias bajo el enfoque de propagación del riesgo Source–Pathway–Receptor–Consequences. El componente de peligro se caracterizó considerando las variables del clima de oleaje, la tendencia del nivel medio del mar y la tasa de cambio de la línea de costa, evaluados a escala anual y de manera sectorizada. La exposición territorial se cuantificó mediante el análisis de la distancia a la línea de costa y la elevación del terreno, representada por la topografía. La susceptibilidad costera se evaluó en función de la geomorfología del litoral y de la presencia de estructuras de protección costera. Las consecuencias se estimaron integrando otras variables ecológicas y socioeconómicas, incluyendo la relevancia ecológica, la densidad poblacional y la infraestructura existente. Todos los indicadores fueron estandarizados, espacializados en formato raster y combinados mediante análisis multicriterio en un entorno de sistemas de información geográfica. Los resultados se representaron mediante mapas temáticos que muestran la distribución espacial del peligro, la exposición, la susceptibilidad, las consecuencias y el riesgo total de erosión costera. Los niveles más altos de riesgo se concentraron principalmente en sectores de baja elevación, elevada proximidad a la línea de costa, geomorfologías altamente erosionables y alta densidad de población e infraestructura. La evaluación espacial del riesgo obtenida mediante el modelo CERA2.0 1 Facultad de Ingeniería, Universidad del Magdalena a Integrante del Semillero ANFIBIO, Programa de Ingeniería Marino-Costera, Universidad del Magdalena 2 Investigador Independiente * Ponentes proporciona una base consistente para la identificación de áreas prioritarias y el apoyo a la planificación, la gestión del riesgo y la adaptación costera frente a escenarios de cambio ambiental.

Palabras clave: Playas; peligro; exposición territorial; susceptibilidad costera; análisis multicriterio; SIG.
Keywords: Beaches; hazard; territorial exposure; coastal susceptibility; multi-criteria analysis; GIS.
Referencias Bibliográficas 1. Ricaurte Villota, C., Gonzélez Arteaga, M. E., Coca Dominguez, O., Bejarano Espinosa, H. M., Morales Giraldo, D. F., Correa Rojas, C. X., Briceño Zuluaga, F., Legarda, G.A. & Arteaga,

M. E. (2018). Amenaza y vulnerabilidad por erosión costera en Colombia: enfoque regional para la gestión del riesgo. 2. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017). Plan Maestro de Erosión Costera Colombia. 3. Thakur, S., Mondal, I., Bar, S., Nandi, S., Ghosh, P., Das, P., & De, T. (2021). Shoreline changes and its impact on the mangrove ecosystems of some islands of Indian Sundarbans, North-East coast of India. Journal Of Cleaner Production, 284, 124764. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124764 4. Mentaschi, L., Vousdoukas, M. I., Pekel, J., Voukouvalas, E., & Feyen, L. (2018). Global long-term observations of coastal erosion and accretion. Scientific Reports, 8(1). https://doi.org/10.1038/s41598-018-30904-w 5. Mahapatra, M., Ramakrishnan, R., & Rajawat, A. S. (2015). Coastal vulnerability assessment of Gujarat coast to sea level rise using GIS techniques: a preliminary study. Journal Of Coastal Conservation, 19(2), 241-256. https://doi.org/10.1007/s11852- 015-0384-x 6. Griggs, G., & Reguero, B. G. (2021). Coastal adaptation to climate change and sea-level rise. Water, 13(16), 2151. 7. Hallegatte, S., Ranger, N., Mestre, O., Dumas, P., Corfee-Morlot, J., Herweijer, C., & Wood, R. M. (2011). Assessing climate change impacts, sea level rise and storm surge risk in port cities: a case study on Copenhagen. Climatic change, 104, 113-137. 8. Ganaie, D. B., Sajjad, H., Ali, R., Sharma, A., Rahaman, M. H., & Masroor, M. (2025). Climate change induced storm surge flood: A systematic review for future research progression. 104374. Regional https://doi.org/10.1016/j.rsma.2025.104374 In Marine Science, Studies 89, 9. Narra, P., Coelho, C., & Sancho, F. (2019). Multicriteria GIS-based estimation of coastal erosion risk: Implementation to Aveiro sandy coast, Portugal. Ocean & Coastal Management, 178, 104845. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104845

Efecto potencial de la pesca ilegal sobre el Tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) en Malpelo: una perspectiva desde el Análisis de Viabilidad Poblacional / Potential effect of illegal fishing on the Hammerhead Shark (*Sphyrna lewini*) in Malpelo: a perspective from Population Viability Analysis

Autores: Isabella Llanos Acosta[a]*, BSc; Daniel Osorio Domínguez[a], PhD; Igor f. Valencia[ab], MSc*

[a] Facultad de Ingeniería y Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana Cali, Colombia.

[b] Universidad del Valle, Cali, Colombia. (*Isabella Llanos Acosta hará la presentación oral).

Resumen:

La pesca ilegal representa una de las principales amenazas para la diversidad marina, especialmente en las Áreas Marinas Protegidas (AMPs). Uno de los lugares de mayor preocupación por la pesca ilegal en el Pacífico Oriental Tropical (POT) es el SFF Malpelo, donde se ha documentado un impacto sobre especies como el tiburón martillo (S. lewini) (1,2,3). Su abundancia relativa ha tenido un declive significativo, disminuyendo al 73.3% en los últimos años (3,4). En vista de la incertidumbre sobre la persistencia de S. lewini (5), resulta fundamental evaluar su viabilidad en las áreas más vulnerables, como lo es el SFF Malpelo. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el posible efecto de la pesca ilegal de la población del tiburón martillo para los próximos 100 años en el SFF Malpelo. En este estudio se implementó un Análisis de Viabilidad Poblacional (AVP) utilizando el software Vortex. Se estimó el tamaño poblacional mediante el modelamiento de la distribución, y se emplearon datos de historia de vida obtenidos de la literatura científica. La mortalidad se tomó a través de los registros de tiburones liberados de redes ilegales en Malpelo, proporcionados por la Fundación Biodiversity Conservation Colombia. Se encontró una alta vulnerabilidad en la población, incluso ante bajos niveles de captura. El análisis mostró que la captura de hembras provoca una disminución abrupta en la probabilidad de supervivencia, y que la inmigración desde otras AMP permite sostener la población. Este estudio constituye la primera aproximación al Análisis de Viabilidad Poblacional para S. lewini en el área. Se demuestra la necesidad de protección de las zonas

Resumen: utilizadas por las hembras, ya que estas se extienden fuera del AMP para entrar a las zonas de crianza que se superponen con pesquerías comerciales (6). Los resultados obtenidos son consistentes con los hallazgos del análisis demográfico realizado por Huynh y Tsai (7), quienes evidencian que el impacto de la pesca sobre las hembras de tiburón martillo es más severo en comparación con los machos en Taiwán. Esta investigación proporciona una evaluación inicial de los efectos potenciales de la pesca bajo distintos niveles de intensidad. Es prioritario mantener las estrategias de manejo orientadas al fortalecimiento de

la vigilancia e incrementar de la presión sobre las embarcaciones ilegales en el área. Asimismo, se recomienda profundizar en la investigación sobre los procesos de crecimiento y desarrollo de la especie dentro del AMP.

Palabras clave: Análisis de viabilidad poblacional, control y vigilancia, Áreas Marinas Protegidas, Malpelo, VORTEX.

Referencias:

1. Bessudo S, Soler GA, Klimley AP, Ketchum JT, Hearn A, Arauz R. Residency of the scalloped hammerhead shark (Sphyrna lewini) at Malpelo Island and evidence of migration to other islands in the Eastern Tropical Pacific. Environ Biol Fishes. 2011;91(2):165–76. doi:10.1007/s10641-011-9769-3.

2. Caballero S, Cardeñosa D, Soler G, Hyde J. Application of multiplex PCR approaches for shark molecular identification: feasibility and applications for fisheries management and conservation in the Eastern Tropical Pacific. Mol Ecol Resour. 2012;12(2):233–37. doi:10.1111/j.1755-0998.2011.03089.x.

3. Soler GA, Bessudo S, Guzmán A. Long term monitoring of pelagic fishes at Malpelo Island, Colombia. Lat Am J Conserv. 2013;3(2):28–37.

4. Archila FL, Martínez-Mondragón SB, Duarte-Fajardo MA, Vélez N, Bessudo Lion S. Monitoring of the status of eleven bony and cartilaginous fish populations in the Malpelo Sanctuary of Fauna and Flora, Colombian Pacific. Bol Investig Mar Cost. 2021;50(1):105–20. doi:10.25268/bimc.invemar.2021.50.1.1084.

5. Páez-Rosas D, Suarez-Moncada J, Arnés-Urgellés C, Espinoza E, Robles Y, Salinas-De-León P. Assessment of nursery areas for the scalloped hammerhead shark (Sphyrna lewini) across the Eastern Tropical Pacific using a stable isotopes approach. Front Mar Sci. 2023;10. doi:10.3389/fmars.2023.1288770.

6. Estupiñán-Montaño C, Tamburin E, Delgado-Huertas A. Stable isotope evidence for movements of hammerhead sharks Sphyrna lewini, connecting two natural protected areas in the Colombian Pacific. Mar Biodivers. 2021;51(5). doi:10.1007/s12526-021-01215-7.

7. Huynh HH, Tsai WP. Estimation of the population status of smooth hammerhead shark (Sphyrna zygaena) and scalloped hammerhead shark (Sphyrna lewini) in the Northwest Pacific Ocean: a data-limited approach. J Sea Res. 2023;195:102434.

Gestión, marcos legales y gobernanza de zonas marino costeras estándares globales y realidades locales: experiencia desde la implementación de la resolución 004 de 2018 / Global standards and local realities: experience from the implementation of resolution 004 of 2018

Autores: Liseth Johana Arregocés Silva[1], Sara Arenas Uribe[1]

1 Dirección General Marítima (*Liseth Johana Arregocés Silva hará la presentación oral)

Resumen:

La limpieza de cascos en buques mercantes y naves de recreo constituye un aspecto crítico de la gestión marítima, debido a su relación directa con la dispersión de especies acuáticas invasoras y la potencial liberación de contaminantes al medio marino. A nivel internacional, las Directrices de la Organización Marítima Internacional (OMI) sobre biofouling, adoptadas en 2011 y actualizadas en 2023, han servido como marco de referencia para el desarrollo de regulaciones específicas en distintos países, aunque carecen de carácter obligatorio. En este contexto, resulta fundamental analizar la normativa nacional y su grado de alineación con las mejores prácticas internacionales, con el fin de fortalecer la gobernanza marítima y garantizar la sostenibilidad de las operaciones. El objetivo de este estudio fue examinar la regulación colombiana sobre limpieza de cascos, comparándola con experiencias internacionales y evaluando su percepción por parte del gremio marítimo. La metodología incluyó una revisión documental comparativa de marcos regulatorios en países con estándares estrictos como Nueva Zelanda, Australia y el estado de California (Estados Unidos), que han establecido requisitos de contención, certificación de empresas y evidencia de gestión del biofouling antes del arribo a puertos. Asimismo, se analizaron lineamientos de países nórdicos como Noruega, Suecia y Finlandia, donde la limpieza en el agua solo se permite mediante sistemas cerrados de captura y tratamiento, y el caso de Singapur, que exige autorizaciones y protocolos específicos. En América Latina se revisaron los avances de Brasil, Chile y Colombia, destacando que Brasil cuenta con lineamientos ambientales y portuarios que restringen actividades que puedan liberar material biológico, mientras que Chile ha desarrollado regulaciones explícitas en áreas sensibles. En el caso colombiano, se estudió la Resolución 004 de 2018 de la Dirección General Marítima (DIMAR), primer instrumento nacional dedicado exclusivamente a regular la limpieza de cascos en aguas jurisdiccionales. Complementariamente, se aplicaron encuestas dirigidas al gremio marítimo para conocer la percepción de las empresas prestadoras del servicio frente a la normativa vigente. Los resultados evidenciaron que la Resolución 004 de 2018 establece requisitos técnicos, ambientales y administrativos para autorizar actividades de limpieza en seco y a flote, alineándose con las recomendaciones de la OMI. Sin embargo, las encuestas revelaron que la normativa es percibida como altamente exigente y de difícil aplicación, especialmente en operaciones a flote. Además, se identificó que

la regulación fue diseñada principalmente con enfoque en buques mercantes, dejando vacíos en categorías como naves de recreo, artefactos navales y unidades menores. En conclusión, la experiencia colombiana representa un avance relevante en la gobernanza marítima regional, al establecer un instrumento normativo pionero en la regulación de la limpieza de cascos. No obstante, se requiere fortalecer este marco mediante procesos participativos y ajustes técnicos que permitan equilibrar la protección ambiental, la viabilidad operativa y el cumplimiento normativo. De esta manera, Colombia podrá consolidar una gobernanza marina efectiva y posicionarse como referente regional en la gestión responsable del biofouling y la prevención de especies invasoras.

Palabras clave: Organización Marítima Internacional, Autoridad Marítima, bioincrustación, limpieza de cascos, normativa marítima
Keywords: International Maritime Organization, Maritime Authority, Biofouling, Hull cleaning, maritime regulation

Gobernanza colaborativa para la gestión del riesgo en la navegación marítima de Colombia.

Autores: Jean Carlos Guerrero Márquez[1], Guido Herrera[2], Miguel Diego Gómez Sánchez[3], Natali Delgado Orozco[4]*, Leidy Stefania Sánchez Cardenas[5]

1 Ingeniero Civil, Magíster en Gestión de la Cadena de abastecimiento y logística Global. Dirección General Marítima, Colombia.

2 Ingeniero de sistemas y electrónica industrial. Dirección General Marítima, Colombia.

3 Oceanólogo, Magíster en Oceanografía Costera. Dirección General Marítima, Colombia.

4 Ingeniera Ambiental, Magíster en ingeniería de costas y puertos. Dirección General Marítima, Colombia.

5 Ingeniera Ambiental. Dirección General Marítima, Colombia.

Resumen:

La navegación marítima en Colombia enfrenta retos crecientes asociados a la integración de información metoceánica, hidrográfica, batimétrica y de tráfico marítimo en tiempo real, lo que limita la capacidad de la Autoridad Marítima para anticipar condiciones adversas y gestionar de manera integral el riesgo en la navegación. En este contexto, la gobernanza se consolida como un eje estratégico para articular capacidades institucionales, operativas y tecnológicas. En respuesta a esta problemática, el presente proyecto propone un modelo de gobernanza colaborativa para la gestión del riesgo en la navegación marítima, fundamentado en la coordinación efectiva entre la Dirección General Marítima, la Capitanía de Puerto de Buenaventura, los pilotos prácticos y las instalaciones portuarias, integrando un sistema inteligente de predicción basado en aprendizaje automático. El objetivo es desarrollar un sistema que permita la gestión del riesgo y la optimización del uso del canal de Buenaventura mediante la integración de datos heterogéneos, fortaleciendo la toma de decisiones, la seguridad operacional y la eficiencia energética de los buques, en concordancia con las recomendaciones de la Permanent International Association of Navigation Congresses, la International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities y la International Maritime Organization. Metodológicamente, el proyecto contempló dos salidas de campo durante el 2025 en Buenaventura, bajo un esquema participativo que priorizó la gobernanza como elemento articulador del conocimiento técnico y operativo. Se llevaron a cabo entrevistas, encuestas y espacios de diálogo con actores clave (Dimar, pilotos prácticos, instalaciones portuarias), orientados a identificar necesidades de información, criterios de evaluación del riesgo y

expectativas frente a sistemas de alerta temprana. Adicionalmente, se realizó la observación directa de maniobras de navegación —incluyendo el tránsito del buque *Cypress Arrow* desde zona de fondeo hasta su atraque— con el fin de incorporar conocimiento empírico en los modelos analíticos. Este proceso permitió identificar variables críticas para la navegación, tales como corrientes, viento y marea, así como caracterizar condiciones límite y escenarios de riesgo desde la experiencia de los usuarios del canal. La participación de los actores permitió, además, delimitar zonas de alta vulnerabilidad, destacándose los sectores comprendidos entre las boyas 13 y 15, Punta Soldado y la boya cardinal de San Antonio. Como resultado, la integración de información técnica y conocimiento experto, en el marco de un modelo de gobernanza, permitió el desarrollo de mapas de riesgo dinámicos y temporales, así como la generación de recomendaciones operativas orientadas a la navegación segura y la optimización del tránsito marítimo. La retroalimentación de los actores validó la pertinencia del sistema y fortaleció la construcción de protocolos de mitigación y respuesta a emergencias. En conclusión, la gobernanza colaborativa, apoyada en la interoperabilidad de sistemas y el uso de tecnologías avanzadas, incrementa significativamente la capacidad predictiva y la toma de decisiones en tiempo real, contribuyendo a la reducción de riesgos operacionales y consolidando las bases para una gestión marítima más eficiente, sostenible y replicable en otros puertos del país.

Palabras clave: Gobernanza colaborativa, Gestión del riesgo marítimo, Aprendizaje automático, Canal de Buenaventura, Interoperabilidad de sistemas

Gobernanza marítima del riesgo: Estudio de caso huracán Iota.

Autores: Ángel Leonardo Rojas Rodríguez* Magister en Gestión del Riesgo y Desarrollo PhD c Ciencias del Mar ed Escuela Naval Almirante Padilla

Resumen: La cuenca del Gran Caribe está expuesta a las consecuencias devastadoras de los ciclones tropicales, una realidad de la que Colombia no fue ajena en 2020 con el paso del huracán Iota. Este evento puso a prueba el sistema de atención de desastres tras la destrucción de más del 90% de Providencia y 6000 personas damnificadas, reflejando marcadas deficiencias operativas y falta de articulación interinstitucional. En este contexto, el objetivo del presente estudio es proponer un lineamiento estratégico que fortalezca la capacidad de respuesta del Estado colombiano en el mar Caribe ante eventos catastróficos, integrando los conceptos de gobernanza y sistemas complejos adaptativos para reducir el impacto en comunidades costeras e insulares. Para lograrlo, la metodología se basó en una investigación cualitativa centrada en un estudio de caso en el archipiélago de San Andrés y Providencia. Se realizó una triangulación de datos normativos y técnicos utilizando herramientas de análisis prospectivo, como matrices de impacto para identificar variables y actores, junto con el modelo de evaluación de capacidades del Ministerio de Defensa.

La investigación revela una carencia en la preparación sin planes de evacuación actualizados, una respuesta tardía que tomó hasta 78 horas, un déficit de gobernanza local por la nula autonomía operativa del Puesto de Mando Unificado insular, y una rehabilitación fragmentada. Por su parte, el análisis prospectivo determinó que la resiliencia, la preparación y la prevención son variables estratégicas clave. A partir de ellas se construyen los enunciados de capacidad que impactarán directamente los 24 sectores del Estado colombiano en el proceso de toma de decisiones, lo cual repercute en la definición de capacidades específicas para la preparación operativa y táctica. Dichas capacidades dependerán de la estrategia adoptada, lo que obliga a una planificación interinstitucional que resuelva el “cómo” (medios, equipos, acciones, entre otros). Esta situación evidencia una falla estructural y una crisis sistémica, en la que las políticas públicas centralizadas se desconectan del conocimiento técnico y no se traducen en capacidades operativas tangibles en los territorios marino-costeros. En conclusión, se propone el desarrollo de capacidades multidimensionales que optimicen el esfuerzo estatal bajo la dirección de la gobernanza marítima del riesgo: un marco dinámico de articulación entre actores, escalas, tecnología y conocimiento, que trasciende los límites político-administrativos y adapta las capacidades ante el desastre a la naturaleza transfronteriza e incierta de fenómenos como los ciclones tropicales.

Palabras clave: actores; capacidad de respuesta; gobernanza marítima; marino-costeros; huracán; sistemas complejos. Becerra, G. (2022). Complejidad e interdisciplina en la Teoría de los Sistemas

Complejos y la Teoría de los Sistemas Sociales. En G. Becerra, A. Urquiza, & J. Labraña, Inter- y transdisciplina en la educación superior universitaria: Reflexiones desde América Latina. Santiago de Chile: Universidad de Chile. Borg, J. (2008). los 25 Años de la convención de las Naciones Unidas sobre el derecho del Mar: el futuro de la Gobernanza Maritima Internacional desde una perspectIva europea. Diplomacia, 7-27. Eisenhardt, K. (1989). Building Theories from Case Study Research,. Academy of Management Review., 532-550. Leff, E. (2006). La ecología política en América Latina Un campo en construcción. En CLACSO, Los tormentos de la materia. Aportes para una ecología política latinoamericana (págs. 21-39). Buenos Aires.: CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales. Monserrat, S., Villiblic, I., & Rabinovich, A. (2006). Meteostunami:olas oceanicas destructivas inducidos atmosfericamente en la banda de frecuencia de tsunamis. Rev. Nat.Peligro earth Syst. Sci, 1035-1051. NOAA
Keywords: NASA. (2020). Resumen mensual del clima tropical. Miamí, Florida : Centro Nacional de Huracanes NWS . NOOA. (2020). BULLETIN Hurricane Iota Intermediate Advisory Number 11A. Miami : Centro nacional de huracanes y centro de huracanes del pacifico central .

Gobernanza oceánica en Colombia: entre la abundancia de instrumentos y normas y la desconexión institucional

Autores: Liliana Rodríguez-Salamanca[1]

Resumen:

Colombia cuenta con un conjunto amplio de instrumentos de política pública y normas orientadas a la gestión de dinámicas marino-costeras, incluyendo la Política Nacional del Océano y los Espacios Costeros (PNOEC), la Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y de las Zonas Costeras e Insulares de Colombia (PNAOCI), y diversos documentos CONPES, entre otros. Sin embargo, la coexistencia de estos marcos ha generado desafíos de articulación, coherencia y efectividad.

Esta ponencia presenta un análisis crítico de la arquitectura institucional y normativa de la política oceánica en Colombia, identificando duplicidades, vacíos y oportunidades de integración. A partir de un enfoque basado en experiencia en incidencia política y análisis de gobernanza, se examinan las limitaciones en la coordinación interinstitucional, la falta de mecanismos vinculantes y la débil integración entre niveles nacional y territorial. Como contribución, se propone una hoja de ruta para avanzar hacia una política oceánica más coherente, que incluya: armonización de instrumentos existentes, fortalecimiento del rol de la Comisión Colombiana del Océano, integración de la planificación espacial marina como eje articulador, y alineación con agendas internacionales. Finalmente, se discuten los desafíos y oportunidades para consolidar una visión estratégica de largo plazo que permita posicionar el océano como un eje central del desarrollo sostenible del país visible en la política pública nacional.

Palabras clave: política oceánica, gobernanza, articulación institucional, economía azul, Colombia. 1 Biol. Mar. Máster en Planificación Territorial y Gestión Ambiental. Asesora Comisión Colombiana del Océano. Colombia.

Gobernanza y gestión del riesgo costero: aplicación del índice sevi en el suroccidente del Caribe colombiano / Coastal governance and risk management: application of the sevi index in the southwestern part of the colombian caribbean

Autores: *César Salazar-Hernández[1-2], Marcelo Henrique Schmitz[3,4] Carlos Palacio[5], Eduardo Gentil[3,4,6] , Vladimir g. Toro Valencia[7]

Resumen:

Las zonas costeras enfrentan actualmente una doble presión derivada del desarrollo en infraestructura y crecimiento poblacional y los efectos del cambio climático, factores que, ante la deficiencia en la planificación territorial en el Caribe colombiano, limitan severamente la capacidad de adaptación. Este estudio se enfoca en el Urabá antioqueño, territorio con ecosistemas frágiles y realidades socioeconómicas inequitativas que desafían la gobernanza marino-costera. El objetivo fue desarrollar el Índice de Vulnerabilidad Socioambiental (SEVI), por medio del cual se pudo evaluar el riesgo, priorizar comunidades y proponer lineamientos técnicos para la gestión integrada de zonas costeras y la planificación espacial marino-costera. Metodológicamente, el SEVI integró la exposición ambiental (EVI) y la capacidad adaptativa socioeconómica (SVI) (Turner et al., 2003). El EVI procesó datos meteorológicos y oceanográficos de 30 años (Vousdoukas et al., 2023) diferenciando estaciones climáticas (seca y húmeda). Mientras que el SVI utilizó datos censales a nivel de sección urbana y rural, evaluando la densidad poblacional, la dependencia etaria y el porcentaje de viviendas de estrato 1 como proxy de pobreza estructural. El área de estudio se dividió en 18 microzonas para capturar las heterogeneidades territoriales y facilitar la toma de decisiones a escala local. Los resultados sugieren que las microzonas del norte presentaron la mayor vulnerabilidad socioambiental debido a su exposición al mar abierto y altos índices de pobreza (Adger, 2006). Las microzonas del centro actuaron como zonas de transición, aunque el casco urbano de Necoclí muestra niveles críticos, mientras que las microzonas del sur registraron la menor vulnerabilidad general por su posición resguardada, pero presentó focos de alto riesgo en áreas urbanas densas (Turbo) y zonas de extrema precipitación (Suriquí-Zungo). Se evidenció que la vulnerabilidad se intensificó durante la temporada húmeda por exceso hídrico y en la seca por la energía del oleaje. En la discusión, se destaca que, frente a índices más complejos (Cutter et al., 2003), el SEVI ofrece un modelo parsimonioso y replicable para regiones con escasez de datos (Alcántara-Carrió et al., 2024). Su enfoque estacional permitió anticipar forzantes climáticos específicos, revelando cómo las inversiones en infraestructura y el crecimiento informal intensifican el riesgo. Esto subraya la necesidad de marcos legales que regulen el uso del suelo y promuevan la integración comunitaria para la adaptación. Finalmente, se concluye que la pobreza estructural reduce drásticamente la capacidad adaptativa de las comunidades. Los resultados sugieren que el SEVI es un instrumento técnico-político fundamental para la gobernanza de mares y costas, permitiendo focalizar políticas de adaptación, mejorar el ordenamiento territorial en el Caribe colombiano.

Palabras clave/ Keywords: Vulnerabilidad socioambiental, Gobernanza marino-territorial, Gestión costera, Análisis espacio-temporal, Cambio climático/ Socio-environmental vulnerability, Marine-territorial governance, Coastal management, Spatio-temporal analysis, Climate change. Referencias bibliográficas Turner, B. L., Kasperson, R. E., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., ... Schiller, A. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 100*(14), 8074–8079. <https://doi.org/10.1073/pnas.1231335100> Vousdoukas, M. I., et al. (2023). Global coastal hazard risk from sea-level rise and extreme sea levels. *Nature Climate Change*, 13(12), 1234-1240. Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change, 16*(3), 268–281. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006> Cutter, S. L., Boruff, B. J., & Shirley, W. L. (2003). Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly, 84*(2), 242–261. <https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002> Alcántara-Carrió, J., García Echavarría, L. M., & Jaramillo-Vélez, A. (2024). Is the coastal vulnerability index a suitable index? Review and proposal of alternative indices for coastal vulnerability to sea level rise. *Geo-Marine Letters*, *44*(8). <https://doi.org/10.1007/s00367-024-00770-9> 1. * Realizará la presentación oral. Grupo de Investigación en Arquitectura, Urbanismo y Paisaje (GAUP). Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia. [↑](#footnote-ref-1) 2. Programa de Doctorado en Ciencias del Mar. Instituto de Ciencias del Mar. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Antioquia, Turbo, Colombia. [↑](#footnote-ref-2) 3. Laboratorio de Geomática y Sistemas Marinos (GEOMar), Grupo de Gestión Marina, Ecología y Tecnología (GTMar), Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad Estatal de Santa Catarina (UDESC), Santa Catarina, Brasil. [↑](#footnote-ref-3) 4. Programa de Posgrado en Ordenación del Territorio y Desarrollo Socioambiental (PPGPLAN/FAED/UDESC), Santa Catarina, Brasil. [↑](#footnote-ref-4) 5. Grupo de Investigación en Ingeniería y Gestión Ambiental (GIGA). Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. [↑](#footnote-ref-5) 6. Programa de Posgrado en Sistemas Costeros y Lagunares (PPGSCOL/CERES/UDESC), Rua Cel. Fernandes Martins, 270, Laguna, Santa Catarina, Brasil. [↑](#footnote-ref-6) 7. Grupo de Investigación en Sistemas Marinos y Costeros (GISMAC). Universidad de Antioquia, Turbo, Colombia. [↑](#footnote-ref-7)

Gobernanza y gobernabilidad de los mares y océanos evaluación participativa de la efectividad del manejo en la zona exclusiva de pesca artesanal del Chocó / Participatory assessment of management effectiveness in the exclusive artisanal fishing zone of Chocó

Autores: Adriana J. Sarria Cortés[1]; Lilian J. Barreto Sánchez[1]

[1]Fundación MarViva – Colombia lilian.barreto@marviva.net (Lilian J. Barreto hará la presentación en poster)

Resumen:

La efectividad del manejo se entiende como la capacidad que tiene un área de manejo especial para cumplir los objetivos que motivaron su creación, considerando su contexto, dinámica y planificación. En ese sentido, la Zona Exclusiva de Pesca Artesanal (ZEPA) del Pacífico Norte, declarada por la autoridad pesquera en 2008 y ampliada en 2024, es un área de ordenación pesquera basada en la defensa comunitaria del territorio y protección de la pesca artesanal. Su consolidación respondió a un proceso histórico de organización social para salvaguardar los recursos hidrobiológicos, conservar ecosistemas y garantizar el bienestar de las comunidades costeras de Bahía Solano y Juradó. En este contexto, surgió la necesidad de fortalecer la gestión del área mediante la incorporación de la planificación estratégica y herramientas para evaluar la efectividad en el manejo. El objetivo del presente trabajo fue diseñar, validar y aplicar una herramienta participativa de evaluación de la efectividad del manejo, articulada al Plan Estratégico de Acción de la ZEPA, construido participativamente como fase inicial del proceso. La herramienta está orientada a fortalecer la gestión adaptativa, la sostenibilidad ambiental y financiera de la ZEPA. La metodología se estructuró a partir de referentes internacionales de evaluación de efectividad en áreas marinas protegidas, adaptados al contexto socio-ecológico de la pesca artesanal del Pacífico norte chocoano. Se definieron seis ejes de evaluación: ambiental, pesquero, gobernanza, cumplimiento normativo, sostenibilidad financiera y beneficios comunitarios. Para cada eje se formularon indicadores cuantitativos y cualitativos, organizados en una matriz de valoración con escala tipo semáforo, lo que facilitó la comprensión y el análisis colectivo de los resultados. La herramienta fue sometida a un proceso de prueba y validación mediante tres ejercicios piloto participativos desarrollados con pescadores artesanales, líderes comunitarios y actores institucionales locales; se evaluó la claridad conceptual de los indicadores, la pertinencia del lenguaje técnico y la funcionalidad del sistema de calificación, lo que permitió realizar ajustes metodológicos y precisar los criterios de evaluación. Los resultados preliminares evidenciaron que la herramienta es aplicable en contextos de pesca artesanal y permite identificar niveles diferenciados de avance entre los distintos ejes. Se destacaron fortalezas en gobernanza y apropiación comunitaria, así como en el reconocimiento social de la ZEPA como mecanismo legítimo de protección

territorial. No obstante, se identificaron brechas en sostenibilidad financiera, en control y vigilancia, y en la disponibilidad de información técnica pesquera para soportar la toma de decisiones. El proceso participativo generó información diagnóstica de base, fortaleció la corresponsabilidad, la transparencia y el diálogo entre actores. Asimismo, la herramienta se proyecta como un instrumento replicable para el seguimiento periódico de la efectividad del manejo, facilitando la priorización de acciones, la identificación de necesidades de inversión y la articulación con aliados estratégicos. En conclusión, esta herramienta constituye un aporte metodológico relevante para la gobernanza marino-costera en Colombia, al integrar evaluación técnica y participación comunitaria en un modelo adaptado a la realidad de la pesca artesanal del Pacífico Norte Chocoano.

Palabras clave: Efectividad del manejo, ZEPA, planeación estratégica, gestión adaptativa, área de ordenación pesquera
Keywords: Management effectiveness, ZEPA, strategic planning, adaptive management, Fisheries management area

Gobernanza y gobernabilidad de los mares y océanos gicpa: modelo de gobernanza pesquera territorial para la sostenibilidad de la pesca artesanal / Gicpa: a territorial fisheries governance model for sustainable artisanal fisheries

Autores: Ana Zita Pérez[1] Lilian J. Barreto Sánchez[2]

[1] Grupo Interinstitucional y Comunitario para la Pesca Artesanal del Choco - GICPA. Colombia. gicpa.choco@gmail.com

[2] Fundación MarViva Colombia. lilian.barreto@marviva.net (Lilian J. Barreto hará la presentación en póster)

Resumen:

El Grupo Interinstitucional y Comunitario de Pesca Artesanal del Pacífico Chocoano (GICPA) constituye una plataforma de gobernanza pesquera que, desde hace cerca de tres décadas, articula actores comunitarios, institucionales y de la sociedad civil para enfrentar los desafíos de sostenibilidad de la pesca artesanal en el litoral del Pacífico chocoano. Su creación responde a la necesidad de abordar problemáticas estructurales como la sobreexplotación de los recursos, la presión de la pesca industrial, la débil presencia institucional y la limitada inclusión de las comunidades locales en la toma de decisiones, con el fin de salvaguardar sus territorios, la economía local y la seguridad alimentaria. En este contexto, el GICPA surge como un espacio colaborativo para coordinar esfuerzos y concertar acciones conjuntas, reconociendo el conocimiento tradicional de las comunidades e integrándolo con enfoques técnicos y científicos para la gestión pesquera. Esto ha permitido avanzar en la protección de los recursos mediante la consolidación de áreas protegidas y figuras de ordenación que favorecen una gestión más efectiva de la actividad pesquera en el territorio. En particular, el GICPA ha contribuido a la creación e implementación de figuras de ordenación y manejo territorial como la Zona Exclusiva de Pesca Artesanal (ZEPA) y los Distritos Regionales de Manejo Integrado, así como a la formulación de acuerdos de uso y manejo construidos colectivamente, los cuales han fortalecido la regulación de la actividad, la conservación de ecosistemas estratégicos y la representación del sector artesanal, además de consolidar un canal efectivo de articulación entre comunidades y Estado. Un análisis cualitativo realizado a la historia, esquema de gobernanza, logros y enfoques actuales del GICPA, evidenció la necesidad de fortalecer esta instancia mediante una estructura definida y reglamentada, así como establecer de manera programática las metas para los próximos diez años a través de la formulación participativa de un plan estratégico orientado a enfrentar los desafíos persistentes para el mejoramiento y la dignificación de la pesca artesanal en la región. Lo anterior, permitió definir un modelo que fortalece la apropiación del conocimiento, promueve el involucramiento de nuevos liderazgos en la región, y establece bases documentales para favorecer la

toma de decisiones y la capacidad de incidir en la gestión del territorio facilitando su escalabilidad. En conclusión, el GICPA representa un modelo innovador y replicable de gobernanza pesquera territorial que demuestra que la sostenibilidad de la pesca artesanal no depende únicamente de marcos regulatorios, sino de procesos participativos, inclusivos y adaptativos que integren múltiples actores; en este sentido, resulta fundamental fortalecer su reconocimiento institucional, asegurar mecanismos de sostenibilidad financiera y ampliar su incidencia para consolidar sus logros y enfrentar los desafíos emergentes.

Palabras clave: Gobernanza Pesquera, Pesca Artesanal, Co-Manejo, Ordenación Pesquera
Keywords: Fisheries governance, Artisanal fisheries, Co-management, Fisheries management.

Dinámica de sedimentos, erosión costera, sedimentología, sismología y dinámica de litoral, Atlas Geomorfológico del Litoral Pacífico Colombiano / Geomorphological Atlas of the Colombian Pacific Coast

Autores: *Diana Carolina Niño[1], Diana Natali Pantoja López[1]\, Johanna Prüssmann Uribe[1]

Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico Sección de Manejo Integrado de Zona Costera. (*Diana Natali Pantoja López hará la presentación)

Resumen:

El Atlas Geomorfológico del Litoral Pacífico Colombiano, elaborado por la Dirección General Marítima (Dimar) a través del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (CCCP), constituye una herramienta científica fundamental para la comprensión integral del espacio marino-costero del Pacífico colombiano desde una perspectiva geomorfológica y oceanográfica. Este litoral, que se extiende desde la frontera con Panamá hasta el límite con Ecuador e incluye los departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño, se caracteriza por una alta complejidad dinámica resultado de la interacción entre procesos oceanográficos, fluviales, tectónicos y biológicos. El atlas se enmarca en el contexto geotectónico de la Cuenca Pacífica Colombiana, una de las regiones más activas del margen occidental de Suramérica, donde convergen las placas Nazca, Suramericana y Caribe, junto con bloques y microplacas. Esta configuración controla no solo la morfología costera, sino también la sismicidad, la subsidencia y el levantamiento del relieve, factores que influyen directamente en la configuración del borde litoral y en la respuesta de la costa frente a la acción del oleaje, las mareas y las corrientes litorales. Desde el punto de vista metodológico, el atlas integra información de alta resolución obtenida mediante tecnologías clave para la oceanografía y las ciencias marinas aplicadas, como modelos digitales de terreno derivados de LiDAR, ortofotografías centimétricas e imágenes satelitales de muy alta resolución. Esta base de datos permitió delimitar y cartografiar unidades geomorfológicas a escala 1:50.000, indispensables para el análisis de la dinámica costera, la planificación marítima y la gestión de los bienes de uso público bajo jurisdicción de la autoridad marítima. Uno de los principales aportes del atlas es la clasificación detallada del litoral en costas dominadas por procesos erosivos y costas dominadas por procesos de depósito, directamente influenciadas por el régimen hidrodinámico del Pacífico colombiano, caracterizado por un sistema de mareas macromareales, alta energía del oleaje y elevadas descargas fluviales. En las costas erosivas se identifican geoformas como acantilados, plataformas de abrasión, arcos, cavernas, islotes y terrazas marinas elevadas, que evidencian la intensa acción del oleaje, la bioerosión marina y los procesos de retroceso costero. En contraste, las costas de depósito están representadas por planicies intermareales vegetadas y no vegetadas, playas extensas, islas barrera, espigas, firmes, deltas y estuarios, donde la interacción entre mareas, corrientes y aportes sedimentarios fluviales controla la acumulación de

sedimentos. El atlas destaca además la estrecha relación entre geomorfología y ecosistemas marino-costeros, particularmente los manglares y las planicies mareales, que cumplen un papel clave en la disipación de energía del oleaje, la protección costera y la productividad biológica. Esta visión integrada resulta esencial para comprender la vulnerabilidad del litoral frente a fenómenos como la erosión costera, el ascenso del nivel del mar, los eventos extremos y el cambio climático. En conjunto, el Atlas Geomorfológico del Litoral Pacífico Colombiano se consolida como una línea base oceanográfica y geomorfológica para la gobernanza marítima, el ordenamiento marino-costero y la gestión del riesgo. Su enfoque técnico, su cobertura regional y su integración con herramientas geoespaciales interactivas lo convierten en un insumo estratégico para autoridades marítimas, investigadores y tomadores de decisión en el ámbito marítimo y costero.

Palabras clave: Geomorfología litoral – Coastal geomorphology. Dinámica marino-costera – Marine–coastal dynamics. Procesos hidrodinámicos – Hydrodynamic processes. Ordenamiento marino-costero – Marine spatial planning. Pacífico colombiano – Colombian Pacific coast.

Insumos para la gestión del riesgo marino-costero en el litoral de Antioquia

Autores: Sandra María Echeverri-García[1*], José Manuel Zapata Pico[2] Juan Guillermo Torres Córdoba[3] Eidy Johana Sipion Mendoza[4] Juan Mateo Monrroy Montes [5]

[1]Magíster en Gestión Ambiental – Universidad de Antioquia, Colombia

[2]Oceanógrafo – Estudiante de maestría Universidad Autónoma de Baja California, México

[3]Ingeniero Oceanográfico – Estudiante de doctorado University of Florida, Estados Unidos

[4]Oceanógrafa – Estudiante de maestría Universidad de Antioquia, Colombia

[5]Estudiante de Oceanografía – Universidad de Antioquia, Colombia

*Sandra María Echeverri-García hará la presentación oral.

Resumen:

Antioquia es el segundo departamento de Colombia con mayor longitud de línea de costa sobre el mar Caribe, aproximadamente 512 kilómetros, ubicados entre Puerto Rey en el municipio de Arboletes y boca Tarena en el distrito de Turbo. Las zonas costeras son vulnerables a diversas amenazas por sus características geográficas, climáticas, ecosistémicas y por las dinámicas marino–terrestres. Considerando lo anterior, y teniendo en cuenta que la ley 1523 de 2012 establece que, en Colombia, los entes territoriales deben formular planes para la gestión del riesgo (PDGRD) incluyendo procesos que favorezcan el conocimiento y la reducción del riesgo y el establecimiento de estrategias de respuesta, en este trabajo se priorizan tres escenarios de riesgo en la zona costera: erosión, aumento del nivel del mar y derrame de contaminantes. Se realizaron actividades en el marco del Programa Integral para el Monitoreo y la Mitigación de la Erosión Costera en el Litoral Antioqueño (PIMECLA) que incluyeron, recopilación de evidencia existente sobre estos escenarios en la escala global, nacional y departamental, revisión de la normativa vigente, análisis de información y ejercicios numéricos de los escenarios mencionados. Se determinaron las tasas de erosión y acreción en el litoral antioqueño con datos obtenidos in situ e información satelital; se analizaron datos de anomalías del nivel del mar derivadas de altimetría satelital global del período 1993–2023 y se ejecutaron simulaciones de derrame de hidrocarburo en PyGNOME para diferentes sitios del golfo de Urabá, bajo condiciones de viento y corrientes variables. Los resultados sugieren que el 62% del litoral antioqueño presenta erosión, con promedios de 2 m/año y que los procesos de acreción se asocian a las desembocaduras de los ríos con alto aporte de sedimentos. Se evidenció una tendencia positiva regional del nivel medio del mar; las tasas en el mar Caribe, presentan un incremento uniforme con valores entre 4 y 5 mm/año; y en el Golfo de Urabá se presenta un valor promedio de 4.23

mm/año. Las simulaciones de derrame de hidrocarburo mostraron que las partículas tienden a desplazarse hacia el este, con dominancia norte o sur dependiendo de su sitio de liberación, por la influencia del Río Atrato. Los primeros arribos a la costa ocurrieron a las 10 horas posteriores al evento, siendo el escenario "bahía de Turbo" el que mostró menores tiempos de arribo a costa (5 horas), sugiriendo que esta zona requiere una respuesta prioritaria en caso de una emergencia. Las áreas con mayor acumulación de crudo son las bahías, las zonas influenciadas por la corriente del Atrato o los sectores donde la morfología o dinámica local favorecieron la retención del crudo. Estos resultados preliminares permitieron identificar las zonas críticas para la erosión el aumento del nivel del mar, y el derrame de contaminantes, insumo necesario para la gestión del riesgo y para generar recomendaciones a las comunidades en caso de emergencias.

Palabras clave: riesgo marino costero, aumento del nivel del mar, erosión, derrame de contaminantes, gestión del riesgo, PIMECLA
Keywords: coastal marine risk, sea level rise, erosion, pollutant spill, risk management, PIMECLA.

Integración geoespacial y calidad de datos antárticos para Colombia

Autores: Cindy Tatiana Echeverry[2], Guido Herrera[1], Rosana Adames[1], Diana Quintana-Saavedra[1*]

[1]Grupo de Investigación Científica Marítima, Subdirección de Desarrollo Marítimo. Dirección General Marítima.

[2]Grupo de Administración de Litorales y Áreas marinas. Subdirección de Desarrollo Marítimo. Dirección General Marítima. * Diana Quintana-Saavedra hará la presentación oral.

Resumen:

La consolidación de datos científicos marinos en la Antártica requiere enfoques que garanticen calidad, trazabilidad e interoperabilidad para su análisis y reutilización. En este contexto, el proyecto de Investigación Científica Marina para la Seguridad Marítima en la Antártica (ICEMAN) desarrolló un proceso de integración geoespacial de datos oceanográficos y meteorológicos antárticos generados por Colombia, alineado con los lineamientos de calidad del programa IODE. Este trabajo tuvo como objetivo integrar y evaluar datos antárticos bajo criterios de calidad verificables, estructurar conjuntos de datos heterogéneos provenientes de distintas expediciones y habilitar su visualización en un entorno geográfico común. La calidad de los datos se abordó mediante la aplicación de criterios IODE, que consideran la completitud, consistencia y control de errores, así como el uso de banderas de calidad, donde la bandera 1 identifica datos verificados y aptos para uso y publicación. Metodológicamente, el proceso se desarrolló en dos fases: (i) estructuración de datos, en la que se organizaron distintos datasets, se definieron clases de información y resultados de agrupación, y se articularon con la información alfanumérica histórica de expediciones disponible en el repositorio nacional CECOLDO; y (ii) georreferenciación, donde cada estación fue asociada a coordenadas precisas, integrando espacialmente variables y registros observacionales. Como resultado, se implementó un tablero interactivo que permite la exploración espacial y temporal de los datos a través de un macrolocalizador, con filtros por año y por variable, facilitando la verificación de calidad, la trazabilidad y la identificación de patrones espaciales. La experiencia demuestra que la calidad de los datos no depende únicamente de su adquisición, sino de procesos sistemáticos de estructuración, documentación y georreferenciación, que reducen la incertidumbre y fortalecen su uso científico. En conclusión, la integración geoespacial basada en criterios de calidad constituye una herramienta fundamental para fortalecer la gestión de datos antárticos de Colombia, contribuyendo a los objetivos nacionales en el marco de la Década de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible.

Palabras clave: calidad de datos; integración geoespacial; Antártica; gestión de datos; oceanografía
Keywords: data quality; geospatial integration; Antarctica; data management; oceanography

Interacción aumento del nivel del mar–tsunami en Colombia: evaluación multiparámetro necesaria del riesgo costero Sea level rise-tsunami / Interaction in Colombia: a necessary multiparameter coastal risk assessment

Autores: Gloria i. López 1, 2 * 1 Sociedad Colombiana de Geología 2 Red Iberoamericana ProPlayas (* Presentación Oral)

Resumen:

El aumento del nivel del mar (ANM) constituye una amenaza global creciente para las zonas costeras, cuyos efectos se manifiestan en inundación progresiva, erosión e intrusión salina. En Colombia, estos procesos han sido evaluados principalmente de manera aislada, al igual que la amenaza por tsunami, la cual ha sido abordada principalmente en el Pacífico solo mediante modelos de inundación. Esta separación ha limitado la comprensión integral del riesgo costero, particularmente en ambientes donde la conectividad hidráulica favorece la propagación de la inundación más allá de la línea de costa. En este contexto, se plantea la necesidad de avanzar hacia enfoques integrados que permitan evaluar la interacción entre ANM y tsunami como un sistema acoplado de amenazas. El objetivo de esta investigación es evaluar la interacción entre el ANM y distintos escenarios tsunamigénicos en las costas del Caribe y Pacífico Colombiano, mediante un enfoque multiparámetro que integra geomorfología, topografía, conectividad hidráulica y distribución de asentamientos humanos. Para ello, se utilizaron diagnósticos geomorfológicos publicados, escenarios nacionales de ANM y antecedentes de modelación de tsunami. Se analizaron dos escenarios de ANM (30–60 cm y 60–110 cm) y cuatro escenarios tsunamigénicos: tsunami lejano en el Pacífico (~30 cm), tsunami cercano en el Pacífico (>1 m), tsunami lejano en el Caribe (~10 cm) y tsunami local en el Caribe (≥1 m asociado a deslizamientos submarinos). El análisis se desarrolló mediante la integración conceptual y espacial de variables físicas y territoriales, con énfasis en la conectividad entre sistemas marinos y continentales. Los resultados evidencian que la mayor exposición se concentra en geoformas de bajo gradiente topográfico (ej. deltas, estuarios, manglares, ciénagas). En el Pacífico, estas unidades representan aproximadamente el 71% de la línea de costa, mientras que en el Caribe alcanzan cerca del 70%. La interacción ANM–tsunami genera una amplificación no lineal de la inundación costera al elevar la línea base sobre la cual actúan los eventos tsunamigénicos y facilitar la propagación del agua a través de bocanas, estuarios y márgenes de ríos mareales, permitiendo su penetración varios kilómetros tierra adentro. Los escenarios de tsunami cercano en el Pacífico y tsunami local en el Caribe presentan los mayores niveles de impacto potencial, particularmente en zonas urbanas asentadas sobre llanuras costeras bajas. La discusión evidencia que los enfoques tradicionales, basados en el análisis independiente de amenazas, subestiman significativamente el riesgo real en sistemas costeros complejos. La incorporación del ANM como condición base modifica la respuesta del sistema ante eventos

extremos, lo que hace evidente la necesidad de adoptar enfoques de riesgo compuesto en Colombia. El enfoque multiparámetro propuesto permite identificar zonas críticas no evidentes en evaluaciones convencionales y aporta criterios técnicos para la priorización territorial. Se concluye que la interacción ANM-tsunami constituye un factor determinante en la configuración del riesgo costero futuro en Colombia y que su evaluación integrada no es opcional, sino necesaria. Este trabajo establece una base metodológica para incorporar la interacción de amenazas en los instrumentos de ordenamiento territorial, la gestión del riesgo y las estrategias de adaptación al cambio climático.

Palabras clave: /
Keywords: Aumento del Nivel del Mar, Tsunami, Inundación Costera, Riesgo Costero, Geomorfología Costera / Sea-Level Rise, Tsunami, Coastal Flooding, Coastal Risk, Coastal Geomorphology

La protección multinivel de los derechos de la gente de mar.

Autores: Chirstian Rodríguez Martínez Universidad del Magdalena

Resumen:

En el caso de la gente de mar, se considera que el Convenio de Trabajo Marítimo 2006 (en adelante CTM 2006), es el instrumento principal de tutela de sus derechos, cuando se debe aclarar o tener de presente que no es la única, por tanto, pueden existir otros mecanismos de carácter universal o regional que pueden contribuir a la protección de sus derechos. De igual forma, se cree que los derechos contenidos en el CTM2006, son los únicos existentes para la gente de mar en el ejercicio de su trabajo a bordo. Lo cual es cierto pero no absoluto, por las siguientes razones:

1. El CTM2006, establece obligaciones a los Estados, los cuales tienen que imponer deberes a los armadores, de modo que, si el Estado, no ratificó este instrumento, en principio no está obligado a regular los aspectos o temas contenidos en este convenio internacional.

2. En el desarrollo del CTM2006, no se contemplan medidas reparadoras para la gente de mar, en caso de vulneración de sus derechos laborales, en el evento de incumplimiento. La única medida que establece es la paralización del buque en el Estado de abanderamiento o Estado puerto.

3. Existen derechos del CTM2006 que deben ser considerados como derechos humanos, pero no tienen dicha categoría, limitándolos solo a la naturaleza de derechos laborales. Así mismo, no contiene otros derechos que deben ser garantizados a la gente de mar en su trabajo a bordo. Todas estas limitaciones del CTM2006, deben relativizar o repensar, la idea que, este instrumento internacional es la única o principal vía de protección de los derechos de la gente de mar, toda vez que existen otros escenarios y por tanto, mecanismos de tutela para estos trabajadores, en especial, aquellos que tienen la categoría de derechos humanos, que se encuentran reconocidos en textos universales[1] y regionales[2]. Desde esa perspectiva, distintas fuentes nacionales e internacionales pueden armonizarse o constituir un bloque de interpretación y garantías que busquen ir más allá de su formalidad, constituyéndose en mecanismos o instrumentos de distintos niveles y naturaleza, que tengan como único objetivo, la tutela multinivel de los derechos humanos de los trabajadores del mar, ya que estos gozan de derechos conforme al derecho internacional, regional y nacional de los derechos humanos por su condición de seres humanos[3]. El gran desafío de esto, es encontrar su interacción y la posibilidad de su acceso por parte de ellos. Ese la apuesta principal de esta ponencia.

[1] Declaración Universal de Derechos Humanos (DUDH)(adoptada el 10 de diciembre de 1948) , Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos (PIDCP) (adoptado el 16 d ediciembre de 1966, entró en vigor

el 23 de marzo de 1976) y Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (PIDESC) (adoptado el 16 de diciembre de 1966, entró en vigor el 3 de enero de 1976).

[2]Convenio Europeo para la Protección de los Derechos Humanos y las Libertades Fundamentales (CEDH), Carta Social Europea, Convención Americana sobre Derechos Humanos (Pacto de San José) y Protocolo Adicional a la Convención Americana sobre Derechos Humanos en materia de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (Protocolo de San Salvador).

[3]Cfr. FITZPATRICK, Deirdre, ANDERSON, Michael, (eds), Seafarers' Rights, Oxford University Press, 2005, p. 40.

Littoral Commander: Impacto en la Formación de Habilidades Navales

Autores: Diego Orlando Chaparro Páez, Diego Hernan Camargo Castaño, Rolando Arturo Ariza Garzón*. / [1.] Escuela Naval de Cadetes "Almirante Padilla", Cartagena, Bolívar. Facultad de Ciencias Navales. Grupo de Investigación Poseidón. diego.camargo@armada.mil.co, diego.camargo@armada.mil.co, rolando.ariza@enap.du.co.

*Rolando Ariza Garzón (Ponente Oral)

Resumen:

El uso de simulaciones y juegos de guerra se ha consolidado como una estrategia innovadora para complementar la enseñanza tradicional, al permitir un aprendizaje experiencial en el que los participantes ejercitan la toma de decisiones, la planificación estratégica y la gestión de recursos en entornos que replican condiciones reales (Haggman, 2019). En este contexto, el presente estudio analiza el impacto de *Littoral Commander*, un juego de guerra orientado al fortalecimiento de habilidades críticas en la formación naval militar. Esta herramienta genera un entorno inmersivo que reproduce escenarios tácticos, operacionales y estratégicos, facilitando el desarrollo de competencias prácticas esenciales para el desempeño profesional. La incorporación de *Littoral Commander* se fundamenta en los postulados de la educación experiencial de Kolb (1984) y Dewey (1938), quienes resaltan la importancia del aprendizaje basado en la experiencia directa y la reflexión sobre la acción. Asimismo, el uso de simulaciones contribuye al desarrollo de competencias cognitivas, sociales y emocionales necesarias para actuar en contextos de alta incertidumbre (Smith, 2010; McConnell et al., 2021). A partir de este marco conceptual, la investigación tuvo como objetivo analizar la implementación del juego mediante un ejercicio piloto en un entorno educativo controlado, evaluando su impacto en habilidades tácticas-operacionales, liderazgo y toma de decisiones, así como identificar beneficios, limitaciones y posibilidades de integración pedagógica. Metodológicamente, el estudio fue de carácter aplicado y descriptivo, con diseño no experimental de corte transversal y enfoque mixto. La muestra estuvo conformada por 23 integrantes de la Armada Nacional en Cartagena que participaron en sesiones prácticas con el simulador. El procedimiento incluyó una fase de intervención con escenarios tácticos conjuntos y una fase de evaluación basada en tres criterios: habilidades tácticas-operacionales, liderazgo y toma de decisiones bajo presión. Se aplicaron cuestionarios y ejercicios simulados antes y después de la intervención para medir el impacto. Los resultados confirmaron la viabilidad de *Littoral Commander* como herramienta pedagógica. El simulador demostró ser eficaz para trasladar conocimientos teóricos a escenarios prácticos multidominio. Se identificaron barreras iniciales, como la necesidad de traducción al español y una curva de adaptación para nuevos usuarios, aspectos posteriormente incorporados en la guía didáctica. Estos hallazgos coinciden con Cannon-Bowers y Salas (1998), quienes subrayan la relevancia de un diseño accesible para maximizar el

potencial formativo de las simulaciones. En cuanto al impacto en habilidades, el 73,9% de los participantes valoró positivamente el realismo del juego, evidenciando mejoras en planificación estratégica y gestión de recursos, en coherencia con el modelo de aprendizaje experiencial de Kolb (1984). Respecto al liderazgo, se observaron avances en colaboración y delegación bajo presión, alineados con lo planteado por Bowman et al. (2009). En toma de decisiones, el 60,9% reportó fortalecimiento en decisiones rápidas y estratégicas, respaldando los planteamientos de Gagné et al. (2019) sobre el valor de las simulaciones en entornos inciertos. En conjunto, los hallazgos evidencian que el simulador complementa eficazmente la formación magistral y fortalece competencias críticas. Finalmente, se propone una guía didáctica para su integración sistemática en la Escuela Naval de Cadetes "Almirante Padilla", promoviendo liderazgo, adaptabilidad e innovación educativa. Las conclusiones recomiendan incorporar simulaciones avanzadas de manera estructurada para mantener estándares operacionales internacionales.

Palabras clave: Formación Naval, Habilidades Operativas, Innovación Educativa, Juego de Guerra, Liderazgo, Simulación militar, Toma de decisiones.
Keywords: Naval training, Operational Skills, Educational Innovation, War Games, Leadership, Military Simulation, Decision-Making.

Referencias:

Haggman, A. (2019). Cyber wargaming: Finding, designing, and playing wargames for cyber security education. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/219839790.pdf> Dewey, J. (1938). Experience and Education. New York: Macmillan Company. Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice-Hall. Smith, D. (2010). *Simulation training in modern naval warfare*. Military Training Quarterly, 3(2), 35–42. McConnell, R., Mong, J., & Patashek, D. (2021). Seeing through the fog: Developing fog of war resistant visualization. *Military Review*, 101(1), 58-67. Recuperado de <https://www.armyupress.army.mil/Journals/Military-Review/English-Edition-Archives/January-February-2021/McConnell-Fog-of-War/> Cannon-Bowers, J. A., & Salas, E. (1998). *Making decisions under stress: Implications for individual and team training*. American Psychological Association. Bowman, W. R., Crawford, A. M., & Mehay, S. (2009). *An assessment of the effectiveness of computer-based training for newly commissioned surface warfare division officers*. Naval Postgraduate School. Gagné, R. M., Wager, W. W., Golas, K. C., & Keller, J. M. (2019). *Principles of instructional design*. Cengage Learning.

Mapas de Sensibilidad Ambiental: una herramienta estratégica para la toma de decisiones y la respuesta ante derrames de hidrocarburos en Colombia /Environmental Sensitivity Maps: a strategic tool for decision-making and response to oil spills in Colombia

Autores: Juan Pablo López Morales[1*], Angie Lizeth Hernández Prada[2]

Resumen:

La pérdida de contención de hidrocarburos constituye una preocupación significativa para la salud y conservación de los ecosistemas marino-costeros, debido a los impactos que genera sobre los servicios ecosistémicos que estos proveen, tales como la pesca, el turismo y el soporte a las actividades marítimas (Agudelo & Wells , 2011). En este contexto, el país ha orientado sus esfuerzos hacia la prevención y reducción de la contaminación por hidrocarburos, en concordancia con instrumentos internacionales como el Convenio Internacional sobre Cooperación, Preparación y Lucha contra la Contaminación por Hidrocarburos de 1990 (Convenio OPRC), entre otros, cuya prioridad es la acción temprana y efectiva para minimizar los daños derivados de incidentes por derrames de hidrocarburos (OMI/IPIECA, 1996). Reconociendo la imposibilidad de eliminar por completo la ocurrencia de derrames de hidrocarburos en ambientes costeros, la Dirección General Marítima desarrolló los Mapas de Sensibilidad Ambiental (MSA), los cuales integran información sobre la sensibilidad de la línea de costa, elementos biológicos (ecosistemas, áreas protegidas, especies de fauna y flora, entre otros) y elementos humanos o socioeconómicos potencialmente afectados, tales como áreas de pesca, resguardos indígenas, instalaciones portuarias e infraestructuras asociadas al manejo de hidrocarburos. Adicionalmente, los MSA incorporan un Índice de Sensibilidad Ambiental (ISA) que clasifica las áreas costeras de acuerdo con sus características geofísicas, hidrodinámicas y biológicas, mediante una escala de 1 a 10 representada por una gradación de colores fríos a cálidos. La elaboración de los MSA se llevó a cabo a partir de la adaptación de la metodología propuesta por Wotherspoon, Marks, Solsberg y West (1997), adoptada por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), incorporando ajustes metodológicos acordes con las particularidades de los ambientes marinos y costeros de Colombia. Como resultado, se generó un catálogo de 42 mapas, se estableció el 100 % del ISA para el litoral Caribe y el 50 % para el litoral Pacífico, y se identificaron elementos biológicos con el apoyo del 1 Ingeniero ambiental, Subdirección de Desarrollo Marítimo, Dirección General Marítima, Colombia (*Hará la presentación oral). 2 Ingeniera ambiental Especialista en Educación y gestión ambiental. Dirección General Marítima, Colombia. INVEMAR, cubriendo el 25 % del litoral Pacífico (Valle del Cauca) y el 50 % del litoral Caribe (Antioquia, Córdoba, Sucre y Bolívar). Así mismo, se identificaron elementos socioeconómicos sensibles ante posibles derrames de hidrocarburos y se desarrolló un visor geográfico accesible desde distintos dispositivos electrónicos.

Finalmente, se destaca que los Mapas de Sensibilidad Ambiental permiten a los tomadores de decisiones visualizar de manera clara y práctica la información cartográfica, fortaleciendo la eficacia de la planificación y ejecución de operaciones de respuesta oportuna ante derrames de hidrocarburos, al facilitar la identificación de elementos sensibles y el establecimiento de prioridades de protección, con el fin de reducir las consecuencias ambientales. Ilustración 1. Aplicación de Mapas de Sensibilidad Ambiental ante derrames de hidrocarburos. https://dimar.maps.arcgis.com/apps/instant/portfolio/index.html?appid=fb6319ce1bbb4732b2584fa32b90b174

Palabras clave: Sensibilidad Ambiental, Índice, respuesta a derrames, Planificación de emergencias, Protección del Medio Marino
Keywords: Environmental Sensitivity, Index, Oil Spill Response, Emergency Planning, Marine Environmental Protection.

Referencias:

Agudelo, G. D., & Wells , P. G. (2011). Impacts of landbased marine pollution on ecosystems in the Caribbean Sea . Amstendar University Press. 10.1017/9789048512805.007 Bermúdez Rivas, C., Álvarez Machuca, M. C., Niño Pinzón, D. C., & CCCP. (2014). Caracterización de la geomorfología costera y sus coberturas vegetales asociadas, a traves de sensores remotos, en la costa de Tumaco, Nariño. Boletin Cientifico CIOH, 27-46. DIMAR- CCCP. (2013). Zonificación fisiográfica del litoral pacífico (Vol. Fase I). San Andrés de Tumaco, Colombia. DIMAR- CIOH. (2009). Atlas geomorfológico del litoral Caribe Colombiano. Escala 1:5000. Libro I: Cartagena de Indias. Cartagena de Indias, Colombia: DIMAR. Gil Agudelo, D. L., Nieto Bernal, R. A., Ibarra Mojica, D. M., Guevara Vargas, A. M., & Gundlach, E. (2015). Environmental sensitivity index for oil spills in marine and coastal areas in Colombia. CT&F - Ciencia, Tecnología y Futuro, 17-28. https://doi.org/10.29047/01225383.24 International Maritime Organization. (1990). Convenio internacional sobre cooperación, preparación y lucha contra la contaminación por hidrocarburos (OPRC) https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/1670046 IPIECA/IMO/IOGP. (2017). Mapas de Sensibilidad para respuesta ante derrames de hidrocarburos. IPIECA- IOGP. National Oceanic and Atmospheric Administration. (2002). Environmental Sensitivity Index Guidelines (Version 3.0). NOAA NOAA. (11 de noviembre de 2019). What is an environmental sensitivity index map? https://oceanservice.noaa.gov/facts/esimap.html OMI/IPIECA. (1996). Desarrollo de Mapas de Sensibilidad para respuesta a derrames de hidrocarburos (Vol. 1). Londres, Reino Unido: IPIECA

Mapeando el territorio. Diseño de instrumento para metodología participativa en la Ciénaga de Mallorquín, Barranquilla.

Autores: Luisa María Restrepo Marín\. Arquitecta. Magister en Hábitat. Universidad Santo Tomás, campus Medellín – Colombia. Andrés Fernando Osorio Arias. Doctor en Ciencias y Tecnologías Marinas. Profesor Universidad Nacional de Colombia. Colombia. Eneyda Caridad Abreu Plata. Arquitecto Magister. Universidad Industrial de Santander. Colombia. Rossana Cecilia Llanos Díaz. Arquitecta. Doctora en historia y teoría y estudios gráficos de arquitectura. Universidad del Atlántico - Barranquilla, Colombia. María Paula Mercado Rivera. Estudiante. Universidad Santo Tomás campus Medellín. Facultad Arquitectura. Colombia. Sofia Pinilla Calderón. Estudiante. Universidad Santo Tomás campus Medellín. Facultad Arquitectura. Colombia. Johan David Basto Rueda. Estudiante. Universidad Santo Tomás campus Medellín. Facultad Arquitectura. Colombia. (\Luisa María Restrepo Marín hará la presentación oral)

Resumen:

Mapeando el Territorio es un instrumento diseñado por docentes investigadores y estudiantes de la Universidad Santo Tomás campus Medellín – Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín Facultad de Minas, Universidad Industrial de Santander – Facultad de Arquitectura y Universidad del Atlántico – Facultad de Arquitectura. Todos pertenecemos a la investigación Acciones Transformadoras, es una metodología participativa que se encuentra en construcción. El objetivo principal de este instrumento de recolección de datos, fue aportar en la adaptación de un hábitat anfibio marino costero a través de talleres de co-creación con líderes y lideresas de la comunidad aledaña a la Ciénaga de Mallorquín Barranquilla – Atlántico, Colombia. Primero se realizó un documento con palabras clave de PRESENTE que fueron rastreadas en información de fuentes secundarias y en dos visitas de campo a la Ciénaga de Mallorquín, se logró formalizar en cuatro categorías desde lo físico, social, económico y ambiental (ver ilustración 1).



Ilustración 3. Pictogramas de presente para Ciénaga de Mallorquín. Fuente: Acciones Transformadoras y Prácticas al borde del agua, 2025.

En segundo lugar, se completa la información con los recorridos realizados en conjunto entre los docentes de ACCIONES TRANSFORMADORAS y los estudiantes del semillero PRÁCTICAS AL BORDE DEL AGUA al barrio Las Flores y en la zona de palafitos (ver ilustración 2).



Ilustración 4. Visita de campo a Ciénaga de Mallorquín. Fuente: Darío Humberto Niño Becerra, 2025.

Una vez puestas en evidencia los hallazgos se procede a la co-creación: con las palabras clave de FUTURO rastreadas en conversaciones con los lideres y lideresas, profesores e investigadoras de Acciones Transformadoras, se presenta una lista de posibles usos para la CIENCIATECA DEL AGUA que estará ubicada en la Ciénaga de Mallorquín en Barranquilla – Atlántico. Se ha preguntado: ¿Cuáles son los proyectos, oportunidades y capacidades que tienen como comunidad en los barrios Las Flores y La Playa, aledaños a la Ciénaga de Mallorquín?. Encontrando como resultado las actividades a desarrollar con la CIENCIATECA DEL AGUA, estas se dan desde reforestación de manglar que se entiende como la acción específica de siembra y cuidado de manglares para su conservación; el proyecto pedagógico que son las iniciativas educativas que vinculan a la comunidad con el cuidado de la ciénaga; la ciencia ciudadana que es la participación activa de la comunidad en procesos de investigación y recolección de datos y el monitoreo

ambiental que es el seguimiento a las condiciones del ecosistema para detectar cambios climáticos y riesgos (ver ilustración 3).



Ilustración 5. Taller de co-creación "Mapeando el territorio". Fuente: David Basto estudiante del semillero Prácticas al borde del agua, 2025.

Desde el marco teórico, al trabajar en co-creación con la comunidad y transdiciplinarmente con la ingeniería marina costera, pretendemos generar desde las ideas iniciales del proyecto una interacción en doble vía que garantice apropiación y soluciones contextuadas. "La co-creación ha sido vista en la literatura como un proceso colaborativo para crear valor que cuenta con la participación de actores internos y externos, con el propósito de obtener beneficios en común. En la actualidad, las compañías se enfrentan a unos consumidores exigentes, que desean ser más escuchados por sus marcas, que anhelan experiencias innovadoras y que frecuentemente están insatisfechos a pesar de la gran oferta de productos y servicios. (Wilches-Velásquez, 2020). Por lo cual concluimos que el taller de co-creación en sí mismo es un espacio experiencial que permite generar ideas inesperadas en los procesos convencionales de diseño.

Palabras clave: Ciclo Hidrosocial; Biomímesis; Soluciones Basadas en la Naturaleza; Co-creación, Arquitectura Orgánica.

Keywords: Hydrosocial Cycle; Biomimicry; Nature-Based Solutions; Co-creation; Organic Architecture.

Bibliografía:

Wilches-Velásquez, D.-M. (2020). Aportes de la co-creación para la innovación y las relaciones con clientes. Suma de Negocios, 11(24), 84–97. https://doi.org/10.14349/sumneg/2020.v11.n24.a9

Más de una década en el Continente Blanco: impacto científico y proyección estratégica de Colombia hacia 2030.

Caso: Proyecto ICEMAN-DIMAR

Autores: Diana Quintana-Saavedra[1*] Rosana Adames[1], Cindy Tatiana Echeverry[2], Guido Herrera[1], Juan Santana[3]

[1]Grupo de Investigación Científica Marítima, Subdirección de Desarrollo Marítimo. Dirección General Marítima.

[2]Grupo de Administración de Litorales y Áreas marinas. Subdirección de Desarrollo Marítimo. Dirección General Marítima.

[3]Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe. Dirección General Marítima. * Diana Quintana-Saavedra hará la presentación oral.

Resumen:

La presencia científica de Colombia en la Antártica se ha consolidado progresivamente durante más de una década mediante expediciones, cooperación internacional y el fortalecimiento de capacidades técnicas e institucionales, siendo el proyecto de Investigación Científica Marina para la Seguridad Marítima en la Antártica (ICEMAN), liderado por la Dirección General Marítima (DIMAR), un eje articulador de esta estrategia nacional. Esta ponencia tiene como objetivo presentar una actualización de los principales avances científicos, técnicos y estratégicos alcanzados por ICEMAN (Fases I y II), en continuidad con los resultados acumulados desde 2014, así como exponer su proyección hacia 2030 en el marco del Sistema del Tratado Antártico y la Década de las Ciencias Oceánicas. Metodológicamente, se integran resultados de levantamientos hidrográficos multihaz realizados en el Estrecho de Gerlache y bahías adyacentes entre 2014 y 2024, que han permitido identificar canales naturales profundos fundamentales para la navegación y generar superficies batimétricas compartidas con instancias internacionales como GEBCO, la OHI y la Comisión Hidrográfica Antártica (CHA), junto con avances recientes orientados a la preparación de productos S-102 preliminares. De manera complementaria, se presentan resultados del componente meteorológico, enfocado en la determinación de la influencia de la presión atmosférica sobre las variaciones del nivel del mar en la Antártica mediante estaciones de alta frecuencia, análisis de series temporales y simulaciones numéricas, así como del componente oceanográfico, que ha caracterizado las condiciones físicas del Estrecho de Gerlache y su conexión con el océano Pacífico colombiano a partir de estaciones CTD y ADCP. En el periodo 2025–2026 se resaltan avances en gestión de datos, estructuración de información antártica, generación de una aplicación geográfica para visualización de datos antárticos

en fase de desarrollo y fortalecimiento de la participación de Colombia en escenarios internacionales como SCAR, COMNAP, RCTA y RAPAL. Los resultados evidencian un impacto científico sostenido, reflejado en la producción de información relevante para la seguridad marítima y el entendimiento de procesos oceanográficos y meteorológicos antárticos, así como un impacto estratégico asociado al fortalecimiento de la normativa, la capacidad instalada y las redes de cooperación. Se destaca que la continuidad del proyecto ICEMAN ha aportado al fortalecimiento de la presencia colombiana en la Antártica, mediante la articulación científica y técnica asociada a la seguridad marítima y la cooperación científica. En conclusión, la experiencia del proyecto ICEMAN demuestra que la inversión sostenida en investigación marina antártica genera beneficios científicos y estratégicos de largo plazo, sentando bases sólidas para que Colombia proyecte su acción en el Continente Blanco hacia 2030.

Palabras clave: Antártica; investigación marina; ICEMAN; hidrografía; seguridad marítima
Keywords: Antarctica; marine research; ICEMAN; hydrography; maritime safety

Modelo de gestión intersectorial para el manejo y la gestión del Galeón San José: patrimonio cultural sumergido Colombiano / Intersectoral model for the management and governance of the San José Galleon: colombian underwater cultural heritage

Autores: *Jesús Alberto Aldana Mendoza[1] Saúl Esteban Vallejo Quintero[1] Hermann Aicardo León Rincón[2] Carlos Del Cairo Hurtado[3] Johann Cuta Jimenez[3] Juan David Sarmiento Rodríguez[3] Victoria Báez Santos[3] Carla Riera Andreu[4]

[1] Dirección General Marítima – DIMAR

[2] Armada de Colombia – ARC

[3] Instituto Colombiano de Antropología e Historia – ICANH

[4] Ministerio de las Culturas, las Artes y los Saberes – MINCULTURAS

Resumen:

El contexto arqueológico del naufragio Galeón San José, hundido en 1708 y ubicado en Cartagena de Indias, ha sido objeto de estudio desde 2023 por un proyecto de investigación científica que ha articulado entidades del sector de la Defensa Nacional y el sector de las Culturas, para establecer y aplicar las medidas de manejo y gestión necesarias para salvaguardar su valor histórico y cultural. Con el propósito principal de garantizar su preservación para las generaciones futuras, este proyecto, además de implementar métodos y técnicas destinados a la interpretación del naufragio y responder las preguntas de investigación formuladas sobre este, ha constituido un plan integral de gestión y salvaguardia que traspasa el ámbito únicamente científico. Así pues, a partir de los antecedentes normativos sobre la materia, se han configurado marcos legales enfocados a que este Patrimonio Cultural sea protegido por los mecanismos con los que cuenta el Estado Colombiano. En ese sentido, se ha estructurado un Plan de Manejo Arqueológico que actúa como la hoja de ruta destinada a la gestión integral del yacimiento y todas las evidencias materiales que reposan a 600 metros de profundidad. Este plan, así mismo, ha definido un modelo de gobernanza en el que las distintas disciplinas, entidades y sectores con incidencia en este patrimonio, actúen en pro de su preservación en el corto y largo plazo. Lo anterior incluye, naturalmente, su integración en el ordenamiento marino costero pues el Galeón San José ha configurado, por más de 300 años, todo un paisaje biocultural de aguas profundas en el que se deben planear y desarrollar las medidas de salvaguardia que se articulen con todos los demás elementos culturales y naturales que yacen en esta sección del Caribe Colombiano. En ese orden de ideas, el objetivo del presente poster consiste en exponer el modelo de gestión intersectorial para el manejo y la gestión del Galeón San José. Así como el

trabajo conjunto que se ha adelantado en los últimos tres años para cuidar, con distintos medios, este Patrimonio Cultural Sumergido que le pertenece a todos los habitantes de Colombia.

Palabras clave: Modelo Intersectorial, Gestión Patrimonial, Patrimonio Cultural Sumergido, Galeón San José, Colombia.
Keywords: Intersectoral Model, Heritage Management, Underwater Cultural Heritage, San José Galleon, Colombia.

Monitoreo pesquero participativo como herramienta de ciencia ciudadana y goberanza en la pesca artesanal del Pacífico norte colombiano / Participatory fisheries monitoring as a citizen science and governance tool in small-scale fisheries of the northern colombian pacific

Autores: Gloria González Gutiérrez[1]\ *William Gonzalez Daza, PhD^1^, Miguel David Barrios Amaya, M.Sc1.*

[1] *Fundación MarViva, Colombia* gloria.gonzalez@marviva.net – david.barrios@marviva.net* (Gloria Gonzalez Gutierrez hará la presentación oral)

Resumen:

La pesca artesanal en el Pacífico norte colombiano enfrenta retos asociados a la limitada disponibilidad de información sistemática, lo que dificulta la toma de decisiones informadas para el manejo sostenible de los recursos. En este contexto, el monitoreo pesquero participativo (MPP) surge como una estrategia de ciencia ciudadana que integra el conocimiento ecológico, ambiental y socioeconómico local con metodologías estandarizadas de recolección de datos, para complementar los datos oficiales recolectados por las autoridades pesqueras y ambientales. En el marco del proyecto "Economía oceánica sostenible e inclusiva en Colombia" implementado por la Fundación MarViva, se llevó a cabo un MPP entre marzo de 2023 y febrero de 2025 en 27 comunidades pesqueras artesanales del norte del Pacífico colombiano, ubicadas en municipios que hacen parte de la Zona Exclusiva de Pesca Artesanal (ZEPA), el Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) Golfo de Tribugá–Cabo Corrientes, el DRMI Encanto de los Manglares y el municipio del Litoral del San Juan; en articulación con actores territoriales e institucionales, particularmente con FEDEPESCA y el GICPA, y en retroalimentación con la AUNAP, como un esfuerzo complementario al Sistema del Servicio Estadístico Pesquero Colombiano (SEPEC). El MPP se implementó mediante la formación de 28 colectores comunitarios encargados del registro sistemático de datos sobre desembarcos, incluyendo especie, peso, arte de pesca, esfuerzo pesquero (número de pescadores y duración de la faena), caladeros y longitudes de captura. Se emplearon formatos estandarizados, jornadas de capacitación y espacios periódicos de retroalimentación. La información recopilada fue sistematizada, depurada y analizada para estimar composición y volúmenes de capturas, tallas, predominancia de artes de pesca y variables relacionadas con el esfuerzo pesquero. Los resultados preliminares permitieron generar una caracterización global de la pesca artesanal en el Litoral chocoano y entender las particularidades de cada municipio, en donde, a pesar de que esta actividad es un medio de vida fundamental para todas las comunidades, las variaciones en volúmenes y dinámicas evidencian diferencias significativas en el potencial comercial, los ingresos y la sostenibilidad del recurso en el corto y largo plazo. Si bien las artes más selectivas predominan en todo el Litoral chocoano (77% del volumen de las capturas),

el análisis por municipio mostró diversas realidades en cuanto a artes y zonas, predominando en el norte caladeros de mar abierto con línea de mano y espinel, mientras en el sur caladeros estuarinos y artes menos selectivas, con tamaños promedios de captura significativamente por debajo de las tallas medias de madurez. Además de los aportes técnicos, el proceso derivó impactos relevantes como mayor apropiación del conocimiento, transparencia en la información y participación en discusiones sobre manejo y acuerdos comunitarios, incluyendo procesos de ordenamiento en la ZEPA y los DRMI. En conclusión, el MPP generó información adicional, continua y más detallada de dinámicas pesqueras conocidas para el Chocó, y se consolida como una herramienta efectiva de ciencia ciudadana, replicable e interoperable que mejora la calidad de la información pesquera y contribuye al reconocimiento de las comunidades como actores clave en la gestión pesquera.

Keywords: Monitoreo pesquero participativo, ciencia ciudadana, gobernanza pesquera / Participatory fisheries monitoring, citizen science, fisheries governance

Oportunidades de articulación en conservación: línea base integral, Golfo de Tribugá, Pacífico colombiano / Opportunities for conservation articulation: integral baseline, Gulf of Tribugá, colombian pacific

Autores: [1] Fundación Oceanidad, Girón, Colombia

Resumen:

El Golfo de Tribugá (GT), ubicado en el norte del Chocó (Pacífico colombiano), es un hotspot de biodiversidad del Pacífico Oriental Tropical que alberga ecosistemas críticos para la megafauna marina como los cetáceos. Aunque cuenta con múltiples figuras de protección, tales como Reserva de Biosfera Tribugá-Cupicá-Baudó, Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) Golfo de Tribugá-Cabo Corrientes, Área Importante para Mamíferos Marinos (IMMA) Gorgona-Tribugá-Malpelo, Parque Nacional Natural (PNN) Utría e iniciativas comunitarias, la efectividad integrada de este mosaico de gobernanza para la conservación del ecosistema marino-costero no ha sido evaluada sistemáticamente. Esta fragmentación genera incertidumbre para la planificación espacial marina y la mitigación de amenazas como el proyecto portuario y la pesca no regulada. Este estudio mapeó y analizó las estructuras de conservación en GT, evaluando su cobertura espacial, superposición y percepción local, para identificar vacíos y orientar gestión basada en evidencia sólida. Mediante análisis documental, se realizó la revisión de más de 140 fuentes (leyes, decretos, resoluciones, planes de manejo, publicaciones científicas e informes técnicos) vigentes o actualizadas de los últimos 30 años, con énfasis en información posterior a 2010. Los documentos fueron identificados mediante búsquedas en portales institucionales oficiales (MinAmbiente, Parques Nacionales, Codechocó, Marine Mammal Protected Areas Task Force), bases de datos académicas como Google Scholar y herramientas de inteligencia artificial (Elicit). Se aplicaron criterios de inclusión específicos: pertinencia geográfica, vigencia legal y actualidad, autoría institucional o académica verificable, y relación con figuras de conservación u ordenamiento territorial. La información fue sistematizada en una matriz de análisis, que destaca su relación directa con las dinámicas y figuras de 2 conservación presentes en el GT, facilitando la identificación de oportunidades de articulación entre estructuras de gobernanza. Complementariamente, se realizaron reuniones de socialización del proyecto con autoridades étnico-territoriales locales e institucionales relevantes, en donde surgieron intercambios que aportaron insumos contextuales sobre la presencia y comprensión de estos mecanismos de conservación en el territorio. El análisis documental reveló la existencia de cinco figuras de protección y conservación legalmente vigentes superpuestas en el territorio. Esta convergencia normativa evidencia una amplia cobertura legal; sin embargo, indica una limitada articulación entre instrumentos de planificación que, aunque comparten objetivos de conservación, tienden a operar de manera relativamente independiente. La revisión de la literatura y la normativa no identifica de forma explícita

mecanismos formales de coordinación entre estas figuras, lo que sugiere posibles vacíos en la gobernanza integrada. Como complemento contextual, los intercambios con actores locales permitieron contrastar de manera indirecta algunas de las percepciones descritas en la literatura y resaltaron la relevancia de fortalecer los procesos de articulación. Los resultados constituyen una línea base fundamental para orientar su integración, esta información es un insumo clave tanto para fortalecer la gobernanza territorial como para evaluar, con bases sólidas, una posible candidatura del GT a figuras internacionales de protección. Se concluye que fortalecer la gobernanza territorial requiere no sólo la existencia formal de figuras de conservación, sino también implementación efectiva, articulación interinstitucional y apropiación social, garantizando que la conservación y el bienestar de las comunidades locales avancen integradamente.

Palabras clave: figuras de manejo, gobernanza, Chocó, áreas marinas protegidas, participación comunitaria
Keywords: Driving figures, governance, Chocó, marine protected areas, community participation

Potencial del carbono azul en manglares del Pacífico chocoano: relevancia para la acción climática nacional

Autores: BLUE CARBON POTENTIAL IN MANGROVES OF THE NORTHERN COLOMBIAN PACIFIC: RELEVANCE FOR NATIONAL CLIMATE ACTION Mauricio A. Perea-Ardila[1*] Lilian J. Barreto Sánchez[1]

1Fundación MarViva Colombia. lilian.barreto@marviva.net (Mauricio A. Perea-Ardila hará la presentación oral)

Resumen:

Los manglares del Pacífico norte colombiano constituyen ecosistemas estratégicos de carbono azul. Sin embargo, se presentan vacíos de información que han limitado su incorporación en la política climática nacional. El objetivo de esta investigación fue estimar el potencial del stock de carbono de biomasa aérea y subterránea en los manglares con el fin de establecer una línea base que fortalezca la gestión ambiental y la acción climática. El estudio se desarrolló en cinco áreas del Chocó biogeográfico (Distrito Regional de Manejo Integrado - DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó, Litoral del San Juan, DRMI Golfo de Tribugá, Parque Nacional Natural Utría y Zona Exclusiva de Pesca Artesanal - ZEPA), integrando datos dasométricos de 14 Parcelas Permanentes de Monitoreo de 20×50 m, establecidas por la Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó – CODECHOCÓ (Corparien, 2015; Ruiz- Asprilla, 2017), con datos de 1924 árboles. La biomasa se estimó mediante ecuaciones alométricas específicas por especie, y se aplicaron factores de conversión del IPCC para obtener carbono y CO_2 equivalente, cuyos valores se extrapolaron a partir de cartografía oficial de manglares. Los resultados evidenciaron un promedio de 154,11 ± 130,90 Mg C/ha en la biomasa (542,56 ± 485,17 Mg CO_2eq/ha), con la mayor acumulación en manglares fustales dominados por Pelliciera rhizophorae y Rhizophora mangle. A escala de paisaje, el stock total alcanzó 13,86 millones de Mg CO_2eq, concentrado principalmente en territorios con gobernanza comunitaria efectiva como el DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó y el Litoral del San Juan. Estos valores superan estimaciones previas regionales y se ubican dentro del rango global de los manglares tropicales, confirmando su alta eficiencia como sumideros de carbono. Se resalta que la heterogeneidad espacial del carbono se asocia a la integridad estructural del bosque y a los niveles de intervención antrópica. A nivel de instrumentos de política climática, la actual exclusión del carbono azul en las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) de Colombia no solo conduce a una subestimación del verdadero potencial de mitigación del país,

Resumen: sino que también restringe de manera significativa la posibilidad de acceder a mecanismos internacionales de financiación climática, limitando así la implementación de estrategias integrales basadas en ecosistemas costeros. Se concluye que los manglares del Pacífico chocoano representan un

reservorio estratégico comparable a una fracción relevante de las emisiones nacionales, por lo que su conservación es una medida costo-efectiva de mitigación y adaptación que, a su vez, fortalece la resiliencia socioecológica de comunidades afrocolombianas e indígenas. El estudio aporta una base técnica para integrar el carbono azul en inventarios nacionales, promover monitoreos de largo plazo y orientar políticas territoriales que reconozcan la gobernanza comunitaria como eje de la sostenibilidad.

Palabras clave: Manglares, carbono azul, Biomasa forestal, Conservación comunitaria, Política climática
Keywords: Mangroves, Blue Carbon, Forest biomass, Community conservation, Climate policy.

Referencias:

Corporación para el Avance de la Región Pacífica y el Darién Colombiano (CORPARIEN). (2015). Monitoreo parcelas permanentes de manglar: Informe final. CODECHOCÓ. Ruiz-Asprilla, J. C. (2017). Monitoreo de parcelas permanentes de muestreo del ecosistema de manglar, ubicado en el municipio de Bahía Solano, Chocó-Colombia. CODECHOCÓ– CORPARIEN

Soberanía territorial y siniestros marítimos: descentralizando el beneficio del océano para una seguridad técnica regional / Territorial sobreignty and maritime casualties: decentralizing ocean benefits for technical security

Autores: Angie Xiomara González Martín1* [1]Abogada egresada de la Universidad Libre, con formación en derecho administrativo y derecho del medio ambiente. Colombia

Resumen:

La gestión oceánica en Colombia se ha definido históricamente en una visión centralista que, si bien reconoce constitucionalmente al mar como un bien de uso público, desvincula el entorno vital de las regiones costeras, de los beneficios y capacidades técnicas derivadas de su aprovechamiento. Esta ponencia aborda la fractura territorial y la asimetría operativa existente entre los litorales, escenarios donde se materializan los riesgos y siniestros marítimos, frente a un núcleo administrativo centralizado que monopoliza la respuesta técnica y el recaudo económico. El Objetivo de este estudio es proponer un modelo de descentralización de la seguridad marítima que faculte a los departamentos costeros para financiar su propia capacidad de respuesta técnica mediante rentas de proximidad y retribución territorial. Para ello, se empleó un Método de investigación teórico basado en el análisis y síntesis de la normativa nacional, reportes de siniestralidad de la Dirección General Marítima DIMAR, dentro del marco de actuación de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA, en proyectos offshore y la perspectiva técnica de la Asociación Nacional de Pilotos Prácticos de Colombia ANPRA. Como Resultado principal, se identificó un "centralismo de riesgos" donde las regiones asumen el impacto ambiental y social de los accidentes, mientras la facultad investigativa depende de un nivel central distante, generando cuellos de botella jurídicos que desincentivan la inversión en la naciente industria de energías renovables costa afuera. En la Discusión, se plantea que la verdadera autonomía territorial no es solo política, sino financiera; por tanto, el aprovechamiento sostenible del mar debe territorializarse para fortalecer infraestructuras locales y peritajes especializados que hablen el mismo lenguaje regional que la Autoridad Ambiental, bajo la premisa de que nadie custodia mejor el territorio que quien lo habita. Se llega a las Conclusiones de que es imperativo transitar hacia una nueva Oceanopolítica que reconozca al mar como un activo territorial estratégico. El modelo actual desaprovecha el potencial de los departamentos como nodos de innovación, vulnerando a los beneficiarios de servicios ecosistémicos, tales como los pescadores artesanales, operadores turísticos entre otros, ante investigaciones lentas que fallan en mitigar daños de forma oportuna o en establecer lecciones preventivas claras. Especialmente en proyectos offshore, la carencia de peritaje local constituye una barrera para la transición energética, pues la incertidumbre técnica eleva los riesgos y retrae la inversión. Al descentralizar el beneficio económico, las regiones dejan de ser espectadoras de los siniestros para convertirse en custodias técnicas de su desarrollo, garantizando

que la defensa ecosistémica y el progreso del litoral nazcan desde la orilla y no desde la montaña, logrando una efectiva sincronicidad institucional entre el licenciamiento ambiental, la seguridad marítima nacional y el desarrollo sostenible.

Palabras clave: Descentralización, siniestros marítimos, oceanopolítica, offshore
Keywords: Decentralization, maritime accidents, ocean politics, offshore

Soluciones basadas en la naturaleza para proteger la biodiversidad marina y las comunidades costeras afectadas por conflicto armado / Nature-based solutions for protecting marine biodiversity and coastal communities impacted by armed conflict

Autores: Paula Cristina Sierra Correa [1]* Luisa Fernanda Bedoya Taborda[1,2]

[1] Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR Calle 25 No. 2-55, Playa Salguero, Santa Marta, Magdalena, Colombia.

[2] Faculty of Engineering, The University of Sydney, 21 Ross Street, Forest Lodge, NSW 2037, Australia.

* Paula Cristina Sierra Correa hará la presentación oral.

Resumen:

El cambio climático altera significativamente la dinámica de los ecosistemas marinos y costeros (IPCC, 2019). La magnitud y el alcance de estos cambios plantean distintos interrogantes sobre la capacidad de adaptación de las comunidades y los ecosistemas a los impactos del cambio climático. Muchos de estos impactos, como la acidificación oceánica, el aumento del nivel del mar y la erosión costera (Gattuso et al., 2015; Nicholls & Cazenave, 2010) ocasionan pérdida de biodiversidad (Li et al., 2022). La pérdida de biodiversidad afecta el funcionamiento de los ecosistemas y los procesos ecológicos (Cardinale et al., 2012; Worm et al., 2006), así como la capacidad de adaptación y resiliencia de las comunidades a las perturbaciones ambientales. Las soluciones basadas en la naturaleza (SbN), como la restauración de manglares y arrecifes de coral, se han implementado con el fin de mejorar la resiliencia climática y apoyar la conservación de la biodiversidad (Cohen-Shacham et al., 2016; IUCN, 2020; UNESCO World Water Assessment, 2018). Estas intervenciones también se han implementado con el fin de mejorar el funcionamiento de los ecosistemas al restaurar las interacciones tróficas, el ciclo de nutrientes y la conectividad hidrológica (Loreau, 2010). Sin embargo, su implementación en comunidades afectadas por conflicto armado suele estar limitada por la inseguridad, el acceso restringido a los sitios de restauración y la falta de presencia institucional (Davalos, 2003). Estas limitaciones pueden aumentar la vulnerabilidad de las comunidades al contribuir a la inestabilidad y al desplazamiento forzado. Para entender cómo las SbN para la restauración de ecosistemas marinos y costeros interactúan con conflicto armado y cómo pueden diseñarse para apoyar tanto la conservación de la biodiversidad como los objetivos sociales, realizamos 416 encuestas a hogares y 22 entrevistas participativas con comunidades costeras de la Ciénaga Grande de Santa Marta, un humedal costero en la costa caribe de Colombia. Los resultados indican que las intervenciones de SbN pueden crear múltiples beneficios ecológicos y sociales, incluyendo la restauración de hábitats críticos, el aumento de la protección costera y el apoyo a los medios de vida locales. Sin embargo, la realización de estos beneficios depende de una gobernanza inclusiva, una

planificación sensible a los conflictos y una colaboración efectiva entre comunidades, organizaciones de conservación y actores institucionales. Los procesos participativos y el co-diseño de intervenciones de restauración facilitan la creación de estas condiciones en tanto logran integrar los objetivos de conservación con las prioridades locales y minimizar los riesgos de conflicto. Por ejemplo, la restauración colaborativa y comunitaria de manglares puede recuperar simultáneamente hábitats de cría para peces, mejorar las condiciones de las poblaciones de aves costeras y crear empleo local. Este estudio investiga estos enfoques sensibles al conflicto como marco analítico para mejorar los esfuerzos de conservación y apoyar a los responsables de la toma de decisiones en la implementación de SbN. Estos enfoques garantizan la coherencia entre las intervenciones, los objetivos de conservación y los marcos regulatorios, incorporando consideraciones de seguridad para mitigar riesgos en contextos socio ecológicos vulnerables y con cambio climático acelerado.

Palabras clave: Biodiversidad marina; Comunidades costeras; Conflicto; Restauración; Justicia; Redes
Keywords: Marine biodiversity; Coastal communities; Conflict; Restoration; Justice; Networks

Referencias:

Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., Narwani, A., Mace, G. M., Tilman, D., Wardle, D. A., Kinzig, A. P., Daily, G. C., Loreau, M., Grace, J. B., Larigauderie, A., Srivastava, D. S., & Naeem, S. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, *486*(7401), 59-67. <https://doi.org/10.1038/nature11148> Cohen-Shacham, E., Walters, G., Maginnis, S., & Janzen, C. (2016). *Nature-based Solutions to address global societal challenges*. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en> Davalos, L. (2003). Forests in the Time of Violence: Conservation Implications of the Colombian War. *Journal of Sustainable Forestry*, *16*, 49-70. <https://doi.org/10.1300/J091v16n03_03> Gattuso, J.-P., Magnan, A., Billé, R., Cheung, W. W. L., Howes, E. L., Joos, F., Allemand, D., Bopp, L., Cooley, S. R., Eakin, C. M., Hoegh-Guldberg, O., Kelly, R. P., Pörtner, H.-O., Rogers, A. D., Baxter, J. M., Laffoley, D., Osborn, D., Rankovic, A., Rochette, J.,…Turley, C. (2015). Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO₂ emissions scenarios. *Science*, *349*(6243), aac4722. [https://doi.org/doi:10.1126/science.aac4722](https://doi.org/doi%3A10.1126/science.aac4722) IPCC. (2019). Summary for Policymakers. In *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2022/03/01_SROCC_SPM_FINAL.pdf> IUCN. (2020). *IUCN Global Standard for Nature-based Solutions*. <https://iucn.org/our-work/topic/iucn-global-standard-nature-based-solutions> Li, F., Li, W., Li, F., Long, Y., Guo, S., Li, X., Lin, C., & Li, J. (2022). Global projections of future wilderness decline under multiple IPCC Special Report on Emissions Scenarios. *Resources, Conservation and Recycling*, *177*, 105983. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105983](https://doi.org/https%3A//doi.org/1

0.1016/j.resconrec.2021.105983) Loreau, M. (2010). *From Populations to Ecosystems Theoretical Foundations for a New Ecological Synthesis (MPB-46)*. Princeton University Press. <http://www.jstor.org/stable/j.ctt7s78j> Nicholls, R. J., & Cazenave, A. (2010). Sea-Level Rise and Its Impact on Coastal Zones. *Science*, *328*(5985), 1517-1520. [https://doi.org/doi:10.1126/science.1185782](https://doi.org/doi%3A10.1126/science.1185782)
UNESCO World Water Assessment. (2018). Las Soluciones basadas en la naturaleza (SbN) y el agua. In *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2018: soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua*: UNESCO. Worm, B., Barbier, E. B., Beaumont, N., Duffy, J. E., Folke, C., Halpern, B. S., Jackson, J. B., Lotze, H. K., Micheli, F., Palumbi, S. R., Sala, E., Selkoe, K. A., Stachowicz, J. J., & Watson, R. (2006). Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, *314*(5800), 787-790. <https://doi.org/10.1126/science.1132294>

Validación de la gobernanza adaptativa con comunidades para playas turísticas en Colombia en Colombia (GABCO-PLAYTUR)) con el método A.S.A.S.

Autores: Vicealmirante de la Reserva Juan Francisco Herrera Leal Doctor en Desarrollo sostenible. Universidad de la Costa.*

Resumen:

Modalidad de presentación: Resumen: Durante los últimos 18 años se desarrolló una investigación científica en Playa Blanca con el seguimiento a una comunidad organizada que con acompañamiento institucional se empoderó del manejo y administración de una playa turística en Santa Marta, Magdalena. Colombia. El fortalecimiento de la organización comunitaria ha generado mejor protección ambiental, seguridad marítima y una mejor calidad de servicio al visitante. En un proceso de avances y retrocesos que debe ser continuo y que pese a todos los esfuerzos aún no logra su consolidación. Sin embargo, en las zonas marino-costeras se produce una diversidad de conflictos de intereses por el uso del espacio y los recursos que en ella existen, (Barragán 2003). Entre ellas desde las propias diferencias entre la comunidad que limitan su participación en la toma de decisiones, desde las Instituciones conflictos de competencias que en muchas ocasiones lleva a que dicha desarticulación se convierta en statuto quo afectando la gestión pública en los bienes públicos o simplemente no los tienen en cuenta, y desde el empresariado el interés para buscar mejores resultados en su productividad muchas veces sin tener en cuenta los demás actores. En la metodología aplicada La investigación fue desarrollada a partir de talleres buscando siempre el mensaje que La playa, el ecosistema y quienes la visitan (los turistas) son el activo estratégico (con los 3 tipos actores comunidad organizada, Instituciones y empresa privada), de la misma manera se realizaron encuestas con estos 3 actores y se utilizaron evidencias objetivas de aspectos que demuestran cómo se van logrando acuerdos y resultados en cada una de las fases de ASAS. En este sentido el resultado fue que para proteger y prestar la mejor calidad de servicios (con un empoderamiento y visión compartida), se lograron adquirir mejores herramientas de comunicación entre ellos, para pasar a un comportamiento como grupo (Alineamiento), logrando posteriormente acuerdos con la empresa privada para su respaldo (Sincronización) y llamando la atención de diferentes instituciones para encontrar una mejor comunicación y mayor participación a partir de los instrumentos normativos en los comités de las zonas marino costeras, comités locales de playas y consejos distritales de gestión del riesgo (Armonización) para finalmente lograr esa articulación y reconocimiento que fortalece la confianza entre estos 3 actores (solidaridad) (Barragan,2017;Ecocostas,2008,Herrera, 2024). Esta investigación se efectuó a una escala local de la gestión costera. Se le ha dado un gran reconocimiento a la líder comunitaria que, junto a su organización, con el empresariado ha construido confianza y efectuados acuerdos, de parte de instituciones ha sido exaltada en diferentes eventos, sin embargo, es contundente que en la medida el ejecutivo a través de su alcalde no lidere esta gobernanza y la gestión siga siendo discontinua la Gobernanza marino-costera seguirá estando en un proceso de adaptabilidad.

Palabras clave: Gobernanza adaptativa, Playas turisticas, Comunidad organizada instrumentos normativos. Referencias Bibliográficas Barragán, J. M., & Maldonado, J. (2019). Gestión integrada de zonas costeras en América Latina. Ocean & Coastal Management. Blue Flag. (2023). Global Criteria for Accessible Beaches. FEE International. Herrera Leal, J. F., Zielinski, S., & Milanes, C. B. (2024). Community-Based Adaptive Governance Model for Colombian Tourist Beaches: The Case of Playa Blanca in Santa Marta, Colombia. *Water*, *16*(23), 3487. <https:

Keywords: /doi.org/10.3390/w16233487> Manjarres-Bovea, C. P., Botero, C. M., & Pereira, D. (2020). Diseño de un método de evaluación del potencial turístico de playas desde un enfoque de gestión integrada: Caso del Departamento de Magdalena, Colombia. *Revista Costas, 2*(1), 1-24. Milanés Batista, C., Pérez Montero, O., Beatón Soler, P. A., Álvarez Mato, G., & Alarcón, R. (2015). El enfoque social en la gestión del riesgo en Cuba. En *Aportes para la gobernanza marino-costera: Gestión del riesgo, gobernabilidad y distritos costeras* (pp. 427-453). Editorial Fondo de Publicaciones de la Universidad Sergio Arboleda. ISBN 978-958-8866-67-3 (rústica), ISBN 978-958-8866-68-0 (pdf).

Evaluación de la calidad microbiológica en playas de la Isla San Cristóbal mediante análisis multivariado

Autores: Mirian Yolanda Jiménez Gutiérrez[1]*, Maritza Tatiana Chaglla Cango [2], Pablo Danilo Carrera Oscullo[3]

[1]Mg. Ciencias Ambientales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.

[2]Master en Ciencias Químicas, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.

[3]Master en Ciencias Químicas, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. * Autor para correspondencia: hará la presentación oral. Modalidad de presentación: Póster

Resumen:

La isla San Cristóbal, ubicada en el archipiélago de Galápagos, constituye uno de los principales destinos turísticos del Ecuador, lo que genera una presión significativa sobre sus ecosistemas costeros y puede influir en la calidad sanitaria de sus aguas marinas. En este contexto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la calidad microbiológica de ocho playas mediante la determinación de coliformes totales, coliformes fecales y enterococos como indicadores de contaminación de origen fecal. Se incluyeron playas con diferentes niveles de exposición a actividades humanas, desde zonas de alta afluencia hasta áreas de control con menor impacto, lo que permitió comparar la calidad microbiológica del agua. Asimismo, se consideró la presencia de fauna silvestre, como aves y lobos marinos, como fuente natural de contaminación fecal. Para el análisis de los datos se emplearon técnicas estadísticas multivariadas como el análisis de conglomerados y el análisis de componentes principales, que permiten agrupar las playas según su nivel de contaminación y observar relaciones entre las variables medidas. Las playas La Lobería y Poza de las Garzas presentaron las mayores concentraciones de coliformes totales y fecales, lo que indica una mayor contaminación fecal. Esto puede estar relacionado con la presencia de fauna como lobos marinos y aves, además de posibles factores como la acumulación de agua o menor circulación. Por otro lado, las playas Tijeretas y Punta Carola Descarga registraron los valores más bajos de los indicadores microbiológicos, lo que refleja mejores condiciones de calidad del agua y menor impacto ambiental. En todos los casos, los niveles de enterococos se encontraron dentro de los límites establecidos por la normativa para aguas recreativas. Sin embargo, la presencia elevada de coliformes en algunas playas sugiere la existencia de contaminación fecal, lo que podría representar un riesgo potencial para la salud de los usuarios, por lo que se requiere un monitoreo microbiológico continuo para la gestión ambiental y la protección de la salud pública en zonas turísticas.

Palabras clave: Calidad microbiológica, Coliformes fecales, Enterococos, Análisis multivariado, Galápagos.
Referencias Bibliográficas 1. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). *Directrices sobre la calidad del agua recreativa: Volumen 1, aguas costeras y de agua dulce.* Organización Mundial de la Salud. Https:

Keywords: /www.who.int/publications/i/item/9789240031302 2. Grube, M., Grube, A., Quiroga, D., & Ochoa-Herrera, V. (2022). Agua para Galápagos: un programa de monitoreo de la calidad del agua en las islas Galápagos. *Esferas, Revista de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, USFQ.* https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/esferas/article/view/2026 3. Suárez, P. (2005). Indicadores bacterianos como herramientas para medir la calidad ambiental del agua costera. *Revista de Biología Tropical, 53*(1-2), 45–58. https://doi.org/10.15517/rbt.v53i1-2 4. Ramírez-Mayo, Á. G., et al. (2023). Estudio preliminar de calidad del agua para uso recreativo en zonas costeras. *Ingeniería, 27*(2), 1–10. https://www.revista.ingenieria.uady.mx/ojs/index.php/ingenieria/article/view/353

Zonas de recambio de agua de lastre en Colombia: ciencia y normativa aplicada / Ballast water exchange zones in Colombia: applied science and regulation

Autores: Liseth Johana Arregocés Silva[1], Christian Bermúdez Rivas[1], Natalia Caicedo Muñoz[1], Gisela Mayo Mancebo[1], Eder Ortiz López[1], Diego Bolívar Pinilla[1].

1Dirección General Marítima – Colombia (*Liseth Johana Arregocés Silva hará la presentación oral/poster).

Resumen:

En 2024, Colombia adoptó el Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques de la Organización Marítima Internacional (OMI), consolidando un proceso de casi dos décadas de trabajo técnico y normativo liderado por la Dirección General Marítima (DIMAR). Este esfuerzo se ha sustentado en evidencia científica y cooperación interinstitucional, orientado a fortalecer la gobernanza marítima y prevenir la contaminación biológica asociada al agua de lastre. Este trabajo presenta un caso de éxito en la implementación de la normativa nacional para las zonas de recambio de agua de lastre, formulada con base en herramientas técnicas y científicas y en concordancia con los estándares internacionales de la OMI. La metodología aplicada integró criterios oceanográficos, recursos estratégicos, áreas protegidas y rutas de tráfico en el Caribe y el Pacífico, utilizando el método de análisis jerárquico (AHP) para priorizar variables y sistemas de información geográfica (SIG) para consolidar la cartografía base. Como resultado, se identificaron cinco áreas seguras para el intercambio de agua de lastre, tres en el Caribe y dos en el Pacífico, garantizando operaciones bajo parámetros de seguridad y protección ambiental. La normativa nacional, alineada con la Resolución MEPC.151(55) de la OMI, estableció protocolos claros para emergencias o incumplimientos, reforzando la vigilancia y el control por parte de las capitanías de puerto. Asimismo, los resultados de la implementación validaron la eficacia de la normativa a través de casos documentados en Buenaventura y Puerto Bolívar, en los que la DIMAR activó planes de emergencia y verificó el cumplimiento de la Regla D-1. Asimismo, la Expedición Oceanográfica ZOCAL permitió monitorear comunidades biológicas y condiciones oceanográficas en las zonas designadas, aportando evidencia sobre la efectividad de las medidas adoptadas. La discusión de estos hallazgos confirma que la integración de herramientas técnicas y científicas en la formulación normativa fortalece la gobernanza oceánica y asegura la aplicación práctica de los estándares internacionales. En conclusión, este caso de estudio exitoso evidencia cómo la normativa sustentada en investigación científica no solo se formula, sino que se aplica y valida en la práctica. La experiencia colombiana fortalece el marco regulatorio nacional, previene la contaminación marina y estandariza procedimientos, posicionando al país como referente regional en la gestión responsable del agua de lastre y en la implementación efectiva de estándares internacionales de la OMI.

Palabras clave: Zonas de recambio de agua de lastre, Organización Marítima Internacional, Autoridad Marítima Colombiana Ballast water exchange zones, International Maritime Organization (IMO), Maritime authority



Valoración y aprovechamiento sostenible de recursos marino costeros

Fortalecimiento de asociaciones pesqueras artesanales como estrategia de gobernanza y sostenibilidad en el Pacífico norte colombiano / Strengthening small-scale fisher associations as a governance and sustainability strategy in the northern colombian pacific

Autores: Gloria González Gutiérrez[1]* [1] Coordinadora de pesca, Fundación MarViva, Colombia. gloria.gonzalez@marviva.net

Resumen:

La pesca artesanal en el Pacífico norte colombiano constituye una actividad fundamental para la seguridad alimentaria y los medios de vida de las comunidades costeras; sin embargo, enfrenta desafíos asociados a la informalidad organizativa, limitadas capacidades administrativas y comerciales, baja agregación de valor y presiones sobre los recursos hidrobiológicos. En este contexto, las asociaciones pesqueras artesanales se consolidan como plataformas estratégicas para fortalecer la gobernanza local, promover prácticas de pesca responsable y mejorar la inserción en mercados diferenciados. En este estudio se evaluó la contribución de las estrategias de fortalecimiento organizacional implementadas por la Fundación MarViva entre 2022 y 2025 en 10 asociaciones pesqueras del Pacífico norte colombiano, en el marco del proyecto “Economía oceánica sostenible e inclusiva en Colombia”, financiado por la Agencia Noruega de Cooperación para el Desarrollo - Norad, con el fin de analizar su incidencia en la gobernanza interna, la competitividad comercial y la sostenibilidad de la actividad pesquera. El proceso se desarrolló en el área de influencia de la ZEPA (Zona Exclusiva de Pesca Artesanal), el DRMI Golfo de Tribugá–Cabo Corrientes, el DRMI Encanto de los Manglares y el municipio del Litoral del San Juan, mediante un enfoque metodológico participativo que incluyó diagnósticos organizacionales, planes de fortalecimiento, capacitación en administración, contabilidad básica, normatividad pesquera y comercialización, acompañamiento técnico para la mejora de procesos postcaptura y promoción de artes de pesca selectivas (línea de mano y palangre), así como la incorporación de herramientas de trazabilidad. Los resultados evidenciaron brechas en gobernanza interna, planificación estratégica y administración financiera, que limitan la eficiencia operativa y la proyección comercial. No obstante, las asociaciones de base familiar o con menor número de integrantes presentaron mayores niveles de cohesión, liderazgo activo y comunicación efectiva, facilitando la implementación de acuerdos. Asimismo, la adopción de herramientas de análisis de costos, estructuración de precios y manejo de fondos colectivos ha venido fortaleciendo la gestión financiera y la competitividad. Estas estrategias de agregación de valor pueden mejorar a reducir la independencia de intermediarios dependiendo de la capacidad de la asociación. Adicionalmente, los

sistemas de trazabilidad que se implementaron como pilotos, tanto en desembarcos como con sistemas de monitoreo de

Resumen: embarcaciones (VMS), han permitido documentar el origen del recurso y las prácticas de captura, fortaleciendo la transparencia y la capacidad de los pescadores para demostrar un mayor valor agregado en cuanto a pesca responsable. En conjunto, los resultados evidencian que, a pesar de los constantes retos organizativos y en la apropiación de metodologías de trazabilidad, el fortalecimiento de asociaciones pesqueras artesanales es una estrategia efectiva para promover la gobernanza participativa, la sostenibilidad pesquera y el mejoramiento de los medios de vida, destacando su rol en la cogestión y en la implementación de modelos replicables en otras regiones costeras de Colombia.

Palabras clave: /
Keywords: Pesca artesanal, asociaciones pesqueras, gobernanza pesquera, trazabilidad pesquera / Artisanal fisheries, fisheries associations, fisheries governance, fisheries traceability

Dinámica del carbono como indicador de sostenibilidad en manglares bajo aprovechamiento forestal en la Bahía de Cispatá, Caribe colombiano / Carbon dynamics as an indicator of sustainability in mangroves under forest management in Cispatá Bay, colombian caribbean y costeros

Autores: Paula Cristina Sierra-Correa[1*], JP Caicedo-García[1], Cristian Camilo Montes-Chaura[1], Anny Zamora-Bornachera[1], Rafael Espinosa[2], Dalila Caicedo[3], Paula Ortega[4] & María Claudia Diazgranados[5]

[1]Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andréis"

[2]Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS)

[3]Fundación Omacha

[4]Coordinación Local del proyecto Vida Manglar

[5]Conservación Internacional

Resumen:

Los manglares representan uno de los recursos marino-costeros más estratégicos de Colombia, no solo por su aporte al bienestar humano, la seguridad alimentaria y la protección frente a eventos extremos, sino también por su valor biofísico como reservorios de carbono. En escenarios de aprovechamiento forestal, comprender cómo se redistribuye el carbono en la biomasa y la necromasa aérea permite evaluar la sostenibilidad ecológica del uso del recurso. No obstante, aún persisten vacíos sobre la respuesta estructural y funcional de los manglares sometidos a esquemas de manejo regulado a largo plazo. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la dinámica del carbono aéreo como indicador de sostenibilidad del aprovechamiento forestal en manglares del Caribe colombiano. La investigación se desarrolló en el Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) Cispatá, en el marco del proyecto Vida Manglar, iniciativa orientada al manejo sostenible y a la generación de evidencia científica para la conservación de los manglares del Golfo de Morrosquillo. Entre 2015 y 2023 se monitorearon 23 parcelas permanentes de 500 m², distribuidas en tres escenarios de manejo: aprovechamiento reciente (<15 años), aprovechamiento con más de 15 años de descanso (>15 años) y ausencia de intervención. Metodológicamente, se realizaron mediciones dasométricas periódicas de todos los individuos, incluyendo diámetro a la altura del pecho (DAP), condición (vivo/muerto) y categorías estructurales como la diamétrica y el índice de valor de importancia. La biomasa aérea se estimó mediante ecuaciones alométricas específicas para los manglares de Cispatá, mientras que la necromasa se cuantificó considerando la densidad de la madera muerta y el volumen de detritos leñosos. A partir de estos datos

se calcularon existencias y flujos anuales de carbono, y se aplicaron análisis multivariados para identificar patrones estructurales asociados a cada escenario de manejo. Durante los ocho años de monitoreo se registró una acumulación promedio de 0,7 ± 1,7 Mg C ha^{-1} $año^{-1}$ en biomasa aérea y una variación de –0,1 ± 0,7 Mg C ha^{-1} $año^{-1}$ en necromasa. Los escenarios con aprovechamiento reciente mostraron mayor acumulación de biomasa y reducción de necromasa, acompañadas de cambios significativos en la relación biomasa/necromasa, la densidad de la madera muerta y la distribución diamétrica. En contraste, los sitios sin intervención o con más de 15 años de descanso presentaron dinámicas más estables, donde la necromasa desempeña un papel funcional dentro del sistema. Los resultados evidencian que el aprovechamiento forestal sostenible modifica la asignación del carbono aéreo sin comprometer la funcionalidad ecológica del manglar, siempre que existan periodos de recuperación no menores a 15 años. Asimismo, se consolida la dinámica del carbono como un indicador robusto de sostenibilidad y se aporta evidencia empírica de largo plazo para fortalecer esquemas de gestión eficiente de recursos marino-costeros. El monitoreo científico continuo, como el desarrollado en el proyecto Vida Manglar, resulta fundamental para integrar conservación y uso productivo en los manglares colombianos.

Palabras clave: aprovechamiento sostenible; flujo de Carbono; monitoreo permanente; Vida Manglar

Estudios sobre metabolitos con actividad fotoprotectora de algas marinas de Colombia

Autores: Urrea-Victoria, V.[1,2]; Aránzazu Suarez, V.[1,2]; González, J.[2]; Angulo, E.[2]; Tamayo-Rincón VM.[4;] Colorado-RíosJ.[4,5]; Álvarez-Bustamante D.[4]; Polanco, d.; Martínez-MartínezA.[4]; Ramos, FA.2; Rozo, G.[3;] Puyana, M.[3], Costa, G.[6]; Castellanos Hernández, L.[2]; Aragón, D.[1]

[1.] *Departamento de Farmacia, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Av. Carrera 30 #, 45-03, Bogotá, Colombia*

[2.] Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Av. Carrera 30 #, 45-03, Bogotá, Colombia

[3.] *Área Académica de Ciencias Biológicas y Ambientales, Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Carrera 4 No. 22-61, Bogotá, Colombia.*

[4.] Grupo Productos Naturales Marinos, Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias, Universidad de Antioquia, Calle 70 No. 52-21, Medellín 050010, Colombia

[5.] *Unidad de Biología Celular y Molecular, Corporación para Investigaciones Biológicas (CIB), Universidad de Antioquia, Medellín 050010, Colombia*

[6.] Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Sede Bogotá. Carrera 7 No. 40 – 62, Bogotá, Colombia

Resumen:

La radiación ultravioleta (UV) constituye uno de los principales factores responsables del envejecimiento cutáneo, el daño al ADN y el desarrollo de diversas patologías dermatológicas. En este contexto, la industria cosmética ha intensificado la búsqueda de ingredientes fotoprotectores eficaces, seguros y sostenibles, promoviendo una transición desde filtros UV sintéticos hacia alternativas naturales o híbridas (Urrea-Victoria et al., 2025a). En concordancia con esta tendencia, el análisis de patentes de la última década evidencia un incremento de avances científicos y tecnológicos en formulaciones cosméticas que incorporan extractos de origen marino, particularmente productos enriquecidos con aminoácidos tipo micosporinas (MAAs), que brindan fotoprotección a la piel del rostro y los labios. Sin embargo, persisten desafíos asociados a la estandarización, escalabilidad y validación regulatoria, lo que abre oportunidades para la investigación aplicada y la innovación (Urrea-Victoria et al., 2025a; Urrea-Victoria et al., 2025c). Las macroalgas marinas, especialmente aquellas distribuidas en regiones tropicales caracterizadas por una elevada incidencia de radiación UV, como el Caribe y el Pacífico colombiano, han desarrollado mecanismos adaptativos de fotoprotección basados en la biosíntesis de metabolitos, entre los que se destacan los

pigmentos fotosintéticos, los MAAs y compuestos fenólicos. Estudios de caracterización química en algas rojas de estas regiones, evidencian que la composición y concentración de dichos metabolitos están significativamente moduladas por el índice UV y variables ambientales locales (Urrea-Victoria et al., 2023; Urrea-Victoria et al., 2025b). De manera consistente con estos resultados, estudios desarrollados en algas rojas de San Andrés y Providencia muestran perfiles diferenciados de MAAs en respuesta a ambientes de alta radiación UV, reforzando la relevancia ecológica y su potencial aplicación en la industria cosmética y cosmecéutica (Angulo-Nuñez et al., 2025). Estudios recientes de química verde han demostrado que la utilización de solventes eutécticos naturales (NADES) permite extraer metabolitos -a partir de diferentes fuentes- de una forma más sostenible, reduciendo el uso de disolventes tóxicos y promoviendo la eficiencia en la obtención de ingredientes cosméticos a partir de macroalgas colombianas, entre otras fuentes (Tamayo-Rincón et al., 2025). Los metabolitos aislados de algas marinas absorben eficientemente la radiación UV-A y UV-B, presentan estabilidad fotoquímica y baja toxicidad, consolidándose como filtros solares naturales, así como biomarcadores de adaptación al estrés UV. En cultivos experimentales en laboratorios del alga roja *Hypena musciformis*, bajo condiciones de irradiancia PAR, se obtuvo una producción limitada de MAAs. Esto sugiere, una limitación asociada al diseño lumínico y resalta la necesidad de incorporar irradiación UV controlada para futuros ensayos. Sin embargo, en estos cultivos sí se obtuvieron carrageninas de alto peso molecular que, si bien no poseen actividad fotoprotectora directa, son muy valoradas por la industria cosmética como estabilizantes y agentes formadores de película (Gonzalez et al., submitted) Estudios de perfilado metabólico en algas pardas del Caribe colombiano mediante HPLC-DAD combinado con análisis quimiométrico (MCR-ALS) permitieron detectar perfiles químicos complejos con actividad fotoprotectora, y se identificaron metabolitos bioactivos con potencial cosmético (Abril et al., 2025). Adicionalmente, la incorporación de extractos algales en nanoemulsiones ha demostrado mejorar la estabilidad, y actividad fotoprotectora de metabolitos de origen marino, ofreciendo protección de amplio espectro frente a la radiación UV y preservando la integridad de modelos cutáneos frente a la radiación UVB (Tello Quiroz et al., 2025; Hernández et al., 2025). En conjunto, los estudios mencionados integran la ecología química de las algas marinas, el perfilado metabolómico, la química verde, el desarrollo de formulaciones y el análisis de patentes como una estrategia sólida para la prospección tecnológica, bioprospección y el aprovechamiento sostenible de macroalgas colombianas en el desarrollo de fotoprotectores naturales, con proyección hacia la innovación tecnológica y la transferencia industrial. Un ejemplo reciente de esta sinergia es el avance en el desarrollo de un producto para labios con actividad fotoprotectora basado en extractos de macroalgas rojas del Pacífico colombiano, resaltando el potencial de los MAAs y la biodiversidad local para generar soluciones cosméticas funcionales, las cuales se encuentran en etapa de desarrollo (Urrea-Victoria et al., trabajo en ejecución).

Referencias:

bibliográficas Abril, S. P.; Rincón-Díaz, N.; Puyana, M.; Castellanos, L.; Ramos, F. A. *Photoprotective activity from Colombian Caribbean brown algae using HPLC-DAD metabolic profiling by MCR-ALS data analysis*.

Scientific Reports 2025, 15, 16204.<https://doi.org/10.1038/s41598-025-00734-8> Angulo-Nuñez, E.; Rincón-Díaz, N.; Puyana, M.; Costa, G.; Urrea-Victoria, V.; Castellanos, L.; Ramos, F. A. *Photoprotective potential of mycosporine-like amino acids (MAAs) in red algae (Rhodophyta) from San Andrés and Providencia islands*. Rev. Bras. Farmacogn. 2025, 1–9.<https://doi.org/10.1007/s43450-025-00663-7> González Torres, J.; Vargas, D.; Urrea-Victoria, V.; Rozo, G.; Puyana, M.; Ramos, F.A.;Costa, G.; Castellanos, L. "MAAs Profiling in Wild *Hypnea* Samples (Gigartinales, Rhodophyta) from the Colombian Caribbean and in Samples from a Pilot Semi-Closed Cultivation of *H. musciformis*" Submitted to *Results in Chemistry* RECHEM-D-25-00902. Hernández, A. R.; Sepúlveda, L.; Hata, Y.; Castellanos, L.; Björklund, S.; Ruzgas, T.; Aragón Novoa, D. M. *Algae extract-based nanoemulsions for photoprotection against UVB radiation*. Scientific Reports 2025, 15, 1911.<https://doi.org/10.1038/s41598-025-85604-z> Tamayo-Rincón, V. M.; Colorado-Ríos, J.; Alvarez-Bustamante, D. J.; Urrea-Victoria, V.; Márquez-Fernández, D. M.; Salamanca, C. H.; Dall'Acqua, S.; Castellanos-Hernandez, L.; Martínez-Martínez, A. Sustainable extraction of prospective cosmetic ingredients from Colombian marine macroalgae using natural deep eutectic solvents. *Marine Drugs* 2025, 23, 239. <https://doi.org/10.3390/md23060239> Tello Quiroz, J.; Rodríguez, I. A.; Urrea-Victoria, V.; Castellanos, L.; Aragón Novoa, D. M. *Marine algae extract-loaded nanoemulsions: A spectrophotometric approach to broad-spectrum photoprotection*. Cosmetics 2025, 12, 101.<https://doi.org/10.3390/cosmetics12030101> Urrea-Victoria, V.; Costa, G.; Gavio, B.; Ramos, F. A.; Castellanos, L. *Mycosporine-like-amino acids profile in red algae from high UV-index geographical areas of the Colombian Caribbean Coast*. Algal Research 2025, 86, 103927.<https://doi.org/10.1016/j.algal.2025.103927> Urrea-Victoria, V.; Geraldes, V.; Pinto, E.; Castellanos, L. *Photosynthetic pigments and photoprotective metabolites of Colombian Pacific marine macroalgae in response to contrasting ultraviolet-index periods*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 2023, 564, 151908.<https://doi.org/10.1016/j.jembe.2023.151908> Urrea-Victoria, V.; Guerrero, A. C.; Castellanos, L.; Russo, M.; Aragón Novoa, D. M. *Lip Photoprotection Patents (2014–2024): Key Trends and Emerging Technologies*. Cosmetics 2025, 12(4), 161.<https://doi.org/10.3390/cosmetics12040161> Urrea-Victoria, V.; Hernández, A. R.; Castellanos, L.; Almeida-Alvez, I.; Aragón Novoa, D. M. *The role of mycosporine-like amino acids in skin care formulations: a patent review (2014–2024)*. Photochem. Photobiol. Sci. 2025.<https://doi.org/10.1007/s43630-025-00717-8> Nota de prensa Urrea-Victoria, V.; Aranzazu, V.; Castellanos, L.; Aragón Novoa, D. M. Trabajo en ejecución*. Con algas de Tumaco desarrollan producto para proteger los labios de la radiación solar. El Tiempo*, 30 Enero 2026. Disponible en: [https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/con-algas-de-tumaco-desarrollan-producto-para-proteger-los-labios-de-la-radiacion-solar-3528271](https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/con-algas-de-tumaco-desarrollan-producto-para-proteger-los-labios-de-la-radiacion-solar-3528271?utm_source=chatgpt.com)

Implementación del sistema de documentación de captura para austromerluza (*Dissostichus spp.)* de la comisión para la conservación de los recursos marinos vivos de la Antártida (CCRVMA) por parte de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP-Colombia) Herramienta Fundamental para Combatir la Pesca Ilegal,

No-Declarada y No-Reglamentada (Pesca INDNR) en el Océano Austral

Autores: AUNAP

Resumen:

Los sistemas de documentación de captura (SDC) son instrumentos creados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO para luchar contra la Pesca Ilegal, No- Declarada y No-Reglamentada (Pesca INDNR). Al respecto, la Comisión para la Conservación de los Recursos Marinos Vivos de la Antártica (CCRVMA) diseñó el Sistema de Documentación de Captura (SDC) para la Austromerluza (Dissostichus Spp.) capturada en el Océano Austral. De tal manera, los países importadores de este recurso pesquero antártico deben implementar este mecanismo y verificar a través de códigos establecidos previamente que dichas importaciones no provengan de Pesca INDNR. En tal sentido, Colombia venía importando astromerluza capturada en el océano antártico durante los últimos veinte (20) años y al no haber implementado en su momento el SDC de CCRVMA, esta Organización Internacional de Conservación Antártica, la cual tiene de igual manera funciones de Organización Regional de Ordenamiento Pesquero (OROP), había designado al país como "País No- Cooperante No-Contratante" (PNCNC). Este estatus de país no-cooperante venía afectando la imagen de Colombia en sus intereses por ser Parte Consultiva del Tratado del Sistema Antártico (STA). Con base en lo anterior, la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP) tomó la iniciativa de gestionar lo requerido para contar con el acceso limitado al SDC para Austromerluza (Dissostichus Spp.) logrando finalmente el estatus de "País Cooperante No-Contratante" (PCNC) para Colombia en el año 2023. Como objetivo de la investigación se planteó conocer que cantidad de Austromerluza ha importado Colombia durante los últimos veinte (20) años tanto antes del establecimiento del SDC- CCRVMA por parte de la AUNAP como después, que especie de astromerluza se importa principalmente, en que presentación, cuáles son los principales puertos de entrada al país, entre otras características de captura y mercado internacional de esta especie antártica, y cuáles son los retos para que la AUNAP pueda avanzar en la completa adopción de este sistema de verificación esencial para combatir la Pesca INDNR. La metodología seguida ha sido la revisión de registros AUNAP, información suministrada por CCRVMA y otras fuentes de datos suministrados por páginas electrónicas. Los resultados alcanzados se consideran novedosos pues las cantidades de austromerluza importadas por Colombia han sido significativas para el país y tienden a seguir creciendo, al igual que el

conocimiento sobre las actividades pesqueras en el océano Austral. Dentro de las discusiones se han considerado que SDC deberán ser adoptados e implementados a nivel nacional igualmente para otras especies bajo regulaciones de diferentes OROPs. Concluyendo sobre el estudio descrito, se resalta que Colombia a través de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP) deberá fortalecer los diferentes mecanismos globales para la lucha a nivel nacional y regional contra la Pesca Ilegal, No-Declarada y No-Reglamentada (Pesca INDNR), como la adopción del Sistema de Documentación de Captura (SDC) para Austromerluza (Dissostichus Spp.) en el Océano Austral, como en aguas de jurisdicción nacional y más allá, en la alta mar. Palabras Claves: Sistema de Documentación de Captura, Catch Documentación Scheme, CCRVMA, CCAMLR, austromerluza. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP) - Sede Central Servicio al Ciudadano: atencionalciudadano@aunap.gov.co Calle 40A N° 13-09 Pisos 6, 14 y 15 Edificio UGI - Teléfonos (57 1) 3770500 Bogotá, D.C., - Colombia www.aunap.gov.co

Supervivencia y crecimiento de las larvas de la *Piangua anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en diferentes condiciones de cultivo en laboratorio.

Autores: Guete-Salazar Ca*., J.M. / Barrosa, i. Villamila, a. Barrios- Beracasaa, d. Zuñigaa, k. Brokordtb y L.A. Velascoa

[a]Laboratorio de Moluscos y Microalgas, Universidad del Magdalena, Carrera 2 No 18-27, Taganga, Santa Marta, Colombia.

[b]Laboratorio de Fisiología y Genética Marina (FIGEMA), Departamento de Acuicultura, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte, Larrondo 1281, Coquimbo, Chile.

(Guete-Salazar presentara el poster, cguete@unimagdalena.edu.co)

Resumen:

La piangua *A. tuberculosa* es uno de los bivalvos de mayor importancia pesquera del Pacifico tropical, encontrándose actualmente amenazada debido a sobreexplotación y pérdida de hábitat. Con el fin de proporcionar una base para la producción por acuicultura, se evaluó la supervivencia y el crecimiento de sus larvas bajo diferentes condiciones de cultivo hatchery. Se llevaron a cabo cuatro experimentos en los que se probaron: raciones de alimento (20 y 40 células de *Isochrysis galbana* µL-1 d-1) y densidades de cultivo (1 y 3 larvas mL-1). Los mayores valores de supervivencia y/o crecimiento se obtuvieron suministrando raciones diarias de alimento de 40 células de *I. galbana* µL-1 d-1, manteniendo una densidad de 1 larva por mL-1. La ración de alimento no afectó la supervivencia larval de *A. tuberculosa*, pero una mayor disponibilidad algal incrementó el crecimiento, evidenciando una priorización energética hacia el tamaño corporal (Velasco & Barros, 2008; Rico-Villa et al., 2009; Bayne & Newell, 1983). Asimismo, la alta densidad redujo la supervivencia sin afectar el crecimiento, probablemente por limitaciones alimentarias y deterioro de la calidad del agua, como se ha descrito en otros bivalvos (Oliva et al., 2014; Lagos et al., 2013). Estos resultados contribuyen a optimizar la tecnología de cultivo larvario de *A. tuberculosa* y a hacer viable el uso de juveniles producidos en laboratorio en acuicultura sostenible y repoblación.

Palabras clave: cultivo larval, ración de alimento, densidad, acuicultura y sostenibilidad

Empoderamiento de la mujer marítima en Colombia para impulsar la economía azul y la igualdad de género / Women's empowerment in colombia's maritime sector to advance the blue economy and gender equality

Autores: Giulianna Paola Castro Montero[1]; Damaris Sanchez Rojas[2] * Giulianna Paola Castro Montero, hará la presentación del poster

Resumen:

La participación femenina en el presente proyecto de investigación analiza el empoderamiento de la mujer en el sector marítimo colombiano como un factor estratégico para impulsar la economía azul y la igualdad de género, en un contexto donde la marina mercante sigue siendo significativamente baja. La investigación parte del reconocimiento de la economía azul como un modelo de desarrollo sostenible clave para países en desarrollo y de la necesidad de reducir las brechas de género en sectores estratégicos como el transporte marítimo. En este sentido, se identifica una problemática central asociada a las barreras estructurales, socioculturales y laborales que limitan la inserción y permanencia de las mujeres oficiales mercantes en Colombia. El objetivo general del estudio es valorar cómo la participación de la mujer en la industria marítima y portuaria contribuye a la implementación de una economía azul, promoviendo simultáneamente el crecimiento sostenible y la equidad de género. De manera específica, se busca identificar las barreras que afectan su participación, analizar su contribución potencial al desarrollo del sector y establecer indicadores que permitan medir su impacto. Metodológicamente, la investigación adopta un enfoque mixto con diseño convergente, que integra datos cuantitativos y cualitativos para ofrecer una comprensión integral del fenómeno. La población está conformada por mujeres oficiales mercantes egresadas en Colombia, trabajando 1 Estudiante semillerista programa Administración marítima y Portuaria, Corporación Universitaria Reformada 2 Docente Investigadora, semillero VALUEPORT; Corporación Universitaria Reformada con un enfoque censal debido a su reducido tamaño. El componente cuantitativo incluye encuestas estructuradas para caracterizar variables sociodemográficas y laborales, mientras que el componente cualitativo se desarrolla mediante entrevistas semiestructuradas orientadas a profundizar en experiencias, percepciones y barreras de género. La información se complementa con análisis documental de normativas nacionales e internacionales, y se integra mediante triangulación para identificar patrones y relaciones significativas. Como resultados esperados, se proyecta una caracterización detallada de las barreras que enfrentan las mujeres en el sector, así como la identificación de oportunidades que evidencien su aporte al desarrollo de una economía azul inclusiva. Asimismo, se prevé la formulación de indicadores de género y lineamientos estratégicos que orienten la incorporación de la perspectiva de género en la planificación del sector marítimo-portuario. En conclusión, aunque el proyecto se encuentra en fase de desarrollo, se espera que sus hallazgos contribuyan a

fortalecer la toma de decisiones, el diseño de políticas públicas inclusivas y la competitividad del sector marítimo colombiano, posicionando el empoderamiento femenino como un elemento clave para la sostenibilidad y la equidad en la economía azul.

Palabras clave: Economía azul, empoderamiento, mujer mercante
Keywords: Blue Economy, Women's Empowerment, Women Seafarers

Potencial mareomotriz por corrientes en la Bahía de Tumaco, Pacífico colombiano / Tidal stream energy potential in Tumaco Bay, colombian pacific

Autores: Antonia Ramón Jaramillo*. Escuela De Ciencias E Ingeniería, Universidad Del Rosario, Colombia

Resumen:

La diversificación energética en regiones costeras aisladas representa un reto estratégico para Colombia, particularmente en zonas del Pacífico donde el acceso a energía confiable continúa siendo limitado. La Bahía de Tumaco, localizada en el Pacífico colombiano, presenta condiciones hidrodinámicas dominadas por un régimen mareal semidiurno y una geomorfología que favorece la aceleración de corrientes mareales en corredores naturales, lo que sugiere un potencial significativo para el aprovechamiento de energía mareomotriz por corrientes. El objetivo de esta investigación fue evaluar el potencial energético mareomotriz en la Bahía de Tumaco mediante modelación hidrodinámica y análisis de la densidad de potencia cinética del flujo. Para ello, se implementó un modelo hidrodinámico bidimensional barotrópico utilizando Delft3D-FLOW, forzado con constituyentes mareales provenientes del modelo global TPXO y batimetría GEBCO. Las simulaciones se realizaron para el año 2016, con una resolución temporal de un minuto y exportación horaria, considerando una densidad del agua de 1022 kg m^{-3} y sin inclusión de forzamientos atmosféricos ni descargas fluviales, con el fin de aislar la respuesta mareal del sistema. Se evaluaron tres resoluciones espaciales y se identificaron zonas con mayor intensidad de corrientes mediante análisis espacial y extracción de series temporales en puntos representativos. Los resultados evidencian una distribución heterogénea del recurso energético, concentrado en corredores hidrodinámicos específicos dentro de la bahía. El hotspot principal alcanzó velocidades elevadas, con percentiles característicos de U90 ≈ 1.29 m s^{-1} y U95 ≈ 1.40 m s^{-1}, densidades de potencia promedio cercanas a 452.7 W m^{-2} y episodios superiores a 1 kW m^{-2}. Dos corredores secundarios presentaron menor intensidad energética, pero contribuyen a la caracterización espacial del recurso. La persistencia del hotspot principal en diferentes configuraciones de grilla confirma la robustez física del patrón hidrodinámico identificado. Estos resultados indican que la Bahía de Tumaco presenta condiciones favorables para el aprovechamiento de energía mareomotriz por corrientes, particularmente en zonas someras protegidas. Este estudio constituye una evaluación inicial del recurso energético y proporciona una base técnica para estudios posteriores de factibilidad tecnológica, ambiental y socioeconómica orientados al desarrollo de energías marinas en el Pacífico colombiano. Energía mareomotriz, Corrientes mareales, Tumaco, Modelación hidrodinámica, Energías marinas/ Tidal energy, Tidal currents, Tumaco, Hydrodynamic modeling, Marine energy

Respuestas fisiológicas de *Tripneustes ventricosus* bajo condiciones de hipoxia y normoxia/ Physiological responses of Tripneustes ventricosus under hypoxia and normoxia conditions

Autores: Alix Barreto-Hernándeza*, Katherina Brokordtb, Judith m. Barrosa; Luz a. Velascoa, Iván Villamila

[a] Laboratorio de Moluscos y Microalgas, Universidad del Magdalena, Calle 29H^3^, No. 22-01, Sector San Pedro Alejandrino, Santa Marta, Colombia.

[b] Laboratorio de Fisiología y Genética Marina (FIGEMA), Departamento de Acuicultura, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte, Larrondo 1281, Coquimbo, Chile

(Barreto-Hernándeza hará la presentación oral).

Resumen:

El erizo de mar Tripneustes ventricosus (Lamarck, 1816) es una especie de alto valor comercial en el Caribe, lo que ha incrementado el interés en optimizar sus condiciones de cultivo mediante el estudio de su fisiología energética bajo diferentes condiciones ambientales. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la disponibilidad de oxígeno, en condiciones de normoxia e hipoxia, sobre las respuestas fisiológicas energéticas de individuos adultos, con miras a optimizar su manejo en acuicultura. Para ello, se realizó un experimento controlado en condiciones de laboratorio durante 30 días, en el cual se compararon dos niveles de saturación de oxígeno: 70% (normoxia) y 55% (hipoxia). Se evaluaron variables como tasa de ingestión (IR), tasa de absorción (AR), eficiencia de absorción (AE), consumo de oxígeno (OCR), excreción de amonio (UR), balance energético (SFG), eficiencias de crecimiento somático bruto y neto (K^1 y K2), tasa de conversión alimenticia (FCR) y tasa de crecimiento específico (SGR), además de la relación ARN/ADN, índices de compartimentos corporales (ICC) y composición bioquímica de los tejidos. Los resultados mostraron que la hipoxia redujo significativamente las IR y AR, así como el SFG, K^1, K^2 y la SGR, mientras que incrementó el OCR y la UR, evidenciando un mayor gasto metabólico. La concentración de oxígeno no afectó la AE, FCR, la relación ARN/ADN, los ICC ni la composición bioquímica. Las gónadas presentaron mayores contenidos de energía, lípidos y carbohidratos que el intestino, sin diferencias en proteínas. Estos resultados coinciden con lo reportado en equinodermos bajo hipoxia, donde se reduce la ingesta sin afectar la eficiencia de absorción (Siikavuopio et al., 2007; Riedel et al., 2014; Murie y Bourdeau, 2021), y se incrementa el gasto metabólico como respuesta compensatoria (Bridges y Brand, 1980; Tripp-Valdez et al., 2017; Bao et al., 2019). Asimismo, la estabilidad en la composición bioquímica sugiere mecanismos de compensación fisiológica y priorización de reservas energéticas (Branco et al., 2013; Huo et al., 2018; Han et

Resumen: al., 2022). Se concluye que la hipoxia altera el desempeño fisiológico de T. ventricosus, mientras que la normoxia favorece condiciones óptimas de crecimiento, aportando criterios clave para el manejo acuícola de la especie.

Palabras clave: Erizo de mar blanco, respuestas fisiológicas, balance energético, reservas tisulares, acuicultura.
Keywords: White Sea urchin, physiological responses, energy balance, tissue-reserves, aquaculture.

Pérdidas de alimentos en la pesca artesanal y análisis de género en la cadena de valor: caso Tumaco, Pacífico colombiano / Food losses in artisanal fisheries and gender analysis along the value chain: the case of Tumaco, Colombian Pacific Region

Autores: Ángela Barrero, B.Env.E.[1]; Diana k. Rubio-Lancheros, MSc[1]; Fabián d. Escobar-Toledo PhD [1]; Daniel Guerrero, Ph.D[1]; Mario Rueda, Ph.D[1]*

[1] Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andreís" - INVEMAR. Calle 25 No. 2-55, El Rodadero, Santa Marta, Colombia.

(*Mario Rueda hará la presentación oral).

Resumen:

La pérdida de alimentos en la pesca representa un desafío global que afecta la seguridad alimentaria (FAO, 2016). En el marco de la estrategia de transformación azul de la FAO, este estudio cuantificó las pérdidas en la cadena de valor de cuatro productos de la pesca artesanal en Tumaco (Colombia): picuda (Sphyraena spp.), camarón (Penaeus spp.), pelada (Cynoscion spp.) y sierra (Scomberomorus sierra), incorporando un análisis de género. Se empleó un enfoque mixto que combinó encuestas estructuradas (n = 454), herramientas participativas (Exploratory Fish Loss Assessment Method – EFLAM y Questionnaire Loss Assessment Method – QLAM) y análisis cualitativo con enfoque de género (Gender-Responsive Fish Loss Assessment Methodology – GRFLAM), siguiendo metodologías estandarizadas para la evaluación de pérdidas de alimentos (FAO, 2018; Ward y Peñarubia, 2025). Asimismo, se realizaron 13 grupos focales (n = 84) con actores de la cadena de valor. Los resultados muestran que las pérdidas varían entre productos (8,5 %–26,3 %) y se concentran principalmente en los eslabones de captura y procesamiento. El análisis de género evidencia roles diferenciados a lo largo de la cadena: en la captura, predominantemente masculina, se observan prácticas de descarte asociadas a criterios comerciales; en contraste, la participación de las mujeres se concentra en el procesamiento y la comercialización, donde desempeñan un papel crucial (Visser y Wangu, 2021). Sin embargo, enfrentan pérdidas relacionadas con condiciones inadecuadas de infraestructura y manejo. Estos resultados sugieren que las pérdidas de alimentos no solo responden a factores técnicos, sino también a diferencias en roles y condiciones a lo largo de la cadena de valor, lo que resalta la importancia de integrar el enfoque de género en el diseño de estrategias de reducción de pérdidas (Kruijssen et al., 2018).

Palabras clave: Pesca artesanal; pérdidas de alimentos; cadena de valor; enfoque género; Tumaco (Nariño). Referencias bibliográficas Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2016). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016: Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. FAO. https:

Keywords: /www.fao.org/3/a-i5555s.pdf Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). Género y pérdida de alimentos en cadenas de valor alimentarias sostenibles: Guía de orientación. FAO. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/2d937874-7d94-4e77-acd8-9d78d24cf3ef/content Kruijssen, F., McDougall C. L., & van Asseldonk, I. J. M. (2018). Gender and aquaculture value chains: A review of key issues and implications for research. Aquaculture, 493, 328–337. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.12.038 Visser, J., & Wangu, J. (2021). Women's dual centrality in food security solutions: The need for a stronger gender lens in food systems' transformation. Current Research in Environmental Sustainability, 3, 100094. https://doi.org/10.1016/j.crsust.2021.100094 Ward, A., & Peñarubia, O. R. (2025). A guide to the application of a multidimensional solutions approach to food loss and waste reduction in aquatic value chains (FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 722). FAO. https://doi.org/10.4060/cd5069en

Trazabilidad pesquera y sostenibilidad en el litoral Pacífico chocoano, Colombia / Fishing traceability and sustainability on the pacific coast of Chocó, Colombia

Autores: Mg. Manuel Camilo Velandia Díaz[1]* Gloria Gonzalez Gutierrez [2]* Colombia.

[1] Fundación MarViva, Coordinador de Ciencias.

[2] Fundación MarViva, Coordinadora de Pesca.

Resumen:

La pesca artesanal en el Pacífico chocoano es el eje socioeconómico de sus comunidades; sin embargo, ha operado históricamente bajo una profunda invisibilidad estadística. La falta de monitoreo sistemático impide una comprensión real del esfuerzo pesquero y la salud de los recursos, limitando la gobernanza efectiva. Ante este vacío, la implementación de Sistemas de Monitoreo de Embarcaciones VMS (Sistema de Monitoreo de Embarcaciones) surge como una solución tecnológica. Al transformar las faenas tradicionales en datos geoespaciales rigurosos, reduciendo la incertidumbre sobre el uso del territorio marino. En esta ponencia se presentan los resultados de la aplicación del sistema de trazabilidad pesquera para asociaciones de pescadores artesanales en el Pacífico chocoano. Este sistema, que utiliza dispositivos VMS e información pesquera artesanal, fue ejecutado durante el año 2024 y 2025 como parte del proyecto "Economía oceánica sostenible e inclusiva en Colombia". El objetivo fue caracterizar la actividad de 8 asociaciones para establecer una línea base que permita a las autoridades y las comunidades implementar medidas de manejo adaptativas. La metodología se estructuró en dos fases. i) recolección de datos: implicó la instalación de balizas VMS en 28 embarcaciones de asociaciones de los municipios de Juradó, Bahía Solano, Nuquí y Bajo Baudó, registrando la geolocalización de las faenas cada 15 minutos, y complementando los datos pesqueros con encuestas en desembarcos en ArcGIS Survey123. ii) fase de análisis de datos: la información georreferenciada fue procesada en una *geodatabase* y estudiada mediante análisis espacial (distancias y tracks GPS) para identificar los caladeros principales, así como una comprensión detallada de los patrones de pesca, el esfuerzo pesquero y la distancia recorrida. El sistema de trazabilidad totalizó 359 faenas y 6.127,7 horas de esfuerzo, resultando en el desembarco de 22.407,82 kg de producto valorado en $308.070.080 COP. El análisis espacial demostró una fuerte concentración de la actividad en *hotspots* específicos por asociación (ej., Piedra del Norte para el Grupo de Independientes de Bahía y Punta Ardita para ASOBRAVOS). Se confirmó la estacionalidad de los desembarques y el dominio de la línea de mano como arte de pesca. No obstante, se identificaron desafíos de sostenibilidad, como alta dependencia de pocas especies (ej., el pargo rojo representa el 47% de la biomasa de ASOHERRADURA) y la preocupante captura de individuos juveniles por debajo de la Talla Mínima de Madurez (ej., 71% en ASOBRAVOS), además de la extracción de especies amenazadas. Como punto

positivo en gobernanza, el monitoreo VMS validó que asociaciones como ASOHERRADURA y ASOPESREGUI operaron el 100% de sus caladeros dentro del DRMI Encanto de los Manglares del Bajo Baudó cumpliendo normas establecidas en su plan de manejo. La trazabilidad VMS ha consolidado una línea base para la gobernanza pesquera en el Pacífico chocoano. Sin embargo, los hallazgos revelan desafíos de sostenibilidad urgentes: la captura de juveniles y la presión excesiva en zonas críticas. Ante esto, es imperativo transitar hacia la diversificación de especies y la rotación de caladeros, asegurando así la viabilidad reproductiva y económica del recurso a largo plazo.

Palabras clave: Trazabilidad pesquera, Pesca Artesanal, Sostenibilidad, Pacífico Chocoano, Caladeros de pesca
Keywords: Fisheries traceability, Artisanal fishing, Sustainability, Chocoan Pacific, Fishing grounds.

Briozoos marinos con potencial bioactivo del Caribe colombiano / Marine bryozoans with bioactive potential from the colombian caribbean

Autores: Paola Flórez[1]*, Erika Montoya-Cadavid[2], Óscar Delgadillo-G.1

[1]MoAm S.A.S., Colombia.

[2]Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR, Colombia.

(\Paola Flórez, modalidad póster)

Resumen:

Los briozoos son un grupo de invertebrados acuáticos, principalmente marinos y sésiles con capacidad de colonizar sustratos naturales y artificiales. A partir de ellos se han descubierto al menos 230 metabolitos secundarios, extraídos de solo 26 de las cerca de 6000 especies descritas1, 2, 3. Entre los compuestos aislados se destacan las briostatinas, empleadas en el desarrollo de fármacos para tratamientos oncológicos, antivirales y de enfermedades neurológicas1, 2, 3 4. Con el fin de proporcionar información básica para futuros trabajos de bioprospección, se provee un inventario preliminar de los briozoos del Caribe colombiano que son reconocidos por su potencial bioactivo. Para ello, se analizaron muestras provenientes de raspados sobre cuadrantes en 20 arrecifes artificiales de La Guajira, Magdalena, Córdoba y Sucre, así como de dragados y arrastres de fondo en 17 estaciones de La Guajira y Sucre, sobre lechos de algas calcáreas y sedimentos carbonatados, respectivamente. Las muestras fueron procesadas e identificadas mediante equipos ópticos convencionales. Para complementar la información primaria y determinar los taxones de interés, se revisaron publicaciones taxonómicas nacionales y literatura especializada global. Como resultado, se encontró que en el Caribe colombiano hay tres especies y siete géneros de briozoos con actividad biológica: Amathia verticillata, Bugula neritina, Watersipora subtorquata, Alcyonidium sp., Amathia spp., Biflustra spp., Caulibugula sp., Catenicella sp., Crisularia sp. y Watersipora spp. Todos los taxones se observaron en los arrecifes y hábitats artificiales evaluados, excepto A. verticillata, hallada en los fondos blandos del golfo de Morrosquillo6. Solo Alcyonidium sp. y Biflustra* spp. se registraron en hábitats tanto naturales como artificiales, esta última ampliamente distribuida en 22 estaciones de todas las áreas evaluadas, sobrecreciendo con éxito a otros invertebrados y briozoos incrustantes. Por otro lado, el área de Santa Marta concentró la mayor cantidad de especies (dos) y géneros (seis) en ocho estaciones. Según la literatura, las sustancias aisladas de dichos taxones comprenden briostatinas, alcaloides, esteroles, ponasteronas, lactonas macrocíclicas, esfingolípidos y componentes aromáticos. Estas cuentan con propiedades anticancerígenas, antivirales, antibacterianas, antimicóticas, antiparasitarias y potenciadoras de los procesos de memorización y aprendizaje1, 2, 3, 4, 9, 10. Pese al evidente potencial del grupo, existen varios retos para su bioprospección en el país: 1) el

reducido tamaño de las colonias dificulta su detección; 2) la identificación de los taxones de interés es compleja; 3) la extracción de metabolitos requiere grandes volúmenes de muestra para aislar pequeñas cantidades; y 4) el desconocimiento del estado de las poblaciones naturales locales. Sin embargo, el estudio en arrecifes artificiales resulta prometedor, ya que los briozoos presentan altas tasas de reclutamiento desde las primeras etapas de sucesión y casi todos los taxones de interés bioactivo fueron registrados en estos hábitats. Además, podrían constituir un escenario apropiado para estudios taxonómicos y de ecología química, fundamentales en la detección de nuevos briozoos a prospectar. No obstante, es necesario continuar explorando la fauna de los ecosistemas naturales del Caribe y Pacífico colombiano, ya que podrían ofrecer soluciones a los desafíos médicos e industriales actuales.

Palabras clave: Bryozoa, bioprospección, productos naturales marinos, biomedicina, hábitats artificiales
Keywords: Bryozoa, bioprospection, marine natural products, biomedicine, artificial habitats.

Referencias:

1. Ciavatta, M.L., Lefranc, F., Vieira, L.M., Kiss, R., Carbone, M., van Otterlo, W.A.L., Lopanik, N.B., y Waeschenbach, A. 2020. The phylum Bryozoa: from biology to biomedical potential. Marine Drugs, 18(200): 1–32. 2. Carroll, A.R., Copp, B.R., Davis, R.A., Keyzers, R.A., y Prinsep, M.R. 2020. Marine natural products. Natural Products Reports, 37: 175–223. 3. Sharp, J.H., Winson, M.K., y Porter, J.S. 2007. Bryozoan metabolites: An ecological perspective. Natural Products Reports, 24: 659–673. 4. Tian, Z., Lu, X.T., Jiang, X., y Tian, J. 2023. Bryostatin-1: a promising compound for neurological disorders. Frontiers of Pharmacology, 14: 1187411. 5. Osburn, R.C. 1947. Bryozoa of the Allan Hancock Atlantic Expedition 1939. Report of Allan Hancock Atlantic Expeditions, 5: 1–65. 6. Montoya-Cadavid, E., Flórez, P., y Winston, J.E. 2007. Checklist of the marine Bryozoa of the Colombian Caribbean. Revista Biota Colombiana, 8: 159–189. 7. Delgadillo–G., O., y Flórez, P. 2015. Primeros registros del phylum Bryozoa asociados a hábitats artificiales en el Caribe colombiano. Latin American Journal of Aquatic Research, 43(1): 33–45. 8. Cedeño-Posso, C., Polanco-F. A., Borrero-Pérez, G.H., Montoya-Cadavid, E., Flórez, P., Yepes-Narváez, V., Cárdenas-Oliva, A. Benavides-Serrato, M., Gracia-C.A., y Santodomingo, N. 2023. Fauna diversity in Madracis spp. coral patches in the Colombian Caribbean. Arxius de Miscel·lània Zoològica, 21: 105–128. 9. Figuerola, B., y Avila, C. 2009. The Phylum Bryozoa as a promising source of anticancer drugs. Marine Drugs, 17(477): 1–23. 10. Tian, X.R., Tang, H.F., Tian, X.L., Hu, J.J., Huang, L.L., y Gustafson, K.R. 2018. Review of bioactive secondary metabolites from marine bryozoans in the progress of new drugs discovery. Future Medicinal Chemistry, 10(12): 1497–1514.

SENALMAR

XXI Seminario Nacional
de Ciencias y Tecnologías del Mar

Sede Anfitriona: Universidad de Medellín — Ciencia y Libertad

Entidades oganizadoras:

Defensa

Armada de Colombia

Dimar

Universidad Nacional de Colombia

Universidad de Antioquia

UTADEO

Universidad del Norte

Universidad del Atlántico

Universidad de Cartagena

Observatorio de Actividades Marítimas y Portuarias

Pontificia Universidad Javeriana

Universidad Nacional de Colombia

Universidad del Valle

Universidad Militar Nueva Granada

Universidad del Magdalena

invemar

CEMarin

2021 2030 Decenio de las Naciones Unidas de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible

Comisión Colombiana del Océano
Construyendo país marítimo

Aliados:

Rapido Ochoa — Transportamos tus ilusiones

SIOCÉANOS

Arte bajo el mar

iTECH

Fundación Yubarta

Metro de Medellín — Calidad de vida

Alcaldía de Medellín — Ciencia, Tecnología e Innovación

Apoya: Medellín Convention & Visitors Bureau

Agenda del Mar

Patrocinadores:

Banco de la República Colombia

Aspelco Colombia

Aguas de Bogotá S.A. E.S.P.

Mardique Sociedad Portuaria

CEMarin

eduardoño